

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİR OTOMATİK HEDEF TANIMA ALGORİTMASININ DONANIM
GERÇEKLEMESİNE YÖNELİK OPTİMİZASYONU**

ERDOĞAN ALDEMİR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRONİK VE HABERLEŞME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
HABERLEŞME PROGRAMI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. VEDAT TAVŞANOĞLU**

İSTANBUL, 2013

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİR OTOMATİK HEDEF TANIMA ALGORİTMASININ DONANIM
GERÇEKLEMESİNE YÖNELİK OPTİMİZASYONU**

Erdoğan ALDEMİR tarafından hazırlanan tez çalışması 19.03.2013 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Vedat TAVŞANOĞLU
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Vedat TAVŞANOĞLU
Yıldız Teknik Üniversitesi

Pof. Dr. Herman SEDEF
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Müştak Erhan YALÇIN
İstanbul Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca verdiği derslere severek katıldığım, tez hazırlama dönemim boyunca her türlü yardımı benden esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Vedat TAVŞANOĞLU'na, Dr. Nerhun YILDIZ'a, Dr. Evren CESUR'a ve değerli dostum Arş. Gör. Nurullah ÇALIK'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bütün eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen annem, babam ve ailemin diğer üyelerine sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Mart, 2013

Erdoğan ALDEMİR

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	vii
KISALTIMA LİSTESİ.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT.....	xiv
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	3
1.3 Orijinal Katkı.....	4
BÖLÜM 2	
OTOMATİK HEDEF TANIMA SİSTEMLERİ VE BU SİSTEMLERİN ALT BİLEŞENLERİ.....	5
2.1 Otomatik Hedef Tanıma (OHT) Sistemlerine Genel Bir Bakış.....	5
2.2 Otomatik Hedef Tanıma (OHT) Sistemi	6
2.2.1 OHT Sistem Gereksinimleri.....	6
2.2.2 OHT Sistem Bileşenleri	7
2.3 OHT Donanım Mimarisi	7
2.3.1 Sistem Uyumluluk Düzenegi.....	8
2.3.2 Sensör Düzenegi	8
2.3.3 Sayısal Görüntü ve İşaret İşleme Kartları	10
2.4 OHT Algoritma ve Yöntemleri	13
2.5 Sonuç.....	15
BÖLÜM 3	
OTOMATİK HEDEF TANIMA (OHT) SİSTEMLERİNDE GÖRÜNTÜ İŞLEME.....	16

3.1	Sayısal Görüntü İşleme	16
3.2	OHT Sistemlerinde Görüntü İşleme	18
3.2.1	Görüntü İyileştirme	20
3.2.1.1	Uzamsal Görüntü İyileştirme Teknikleri	21
3.2.1.2	Frekans Ortamı Görüntü İyileştirme Teknikleri	28
3.2.2	Görüntünün Bölütlemesi (Segmentation)	30
3.2.2.1	Genlik Temelli Bölütleme.....	30
3.2.2.2	Alan Temelli Bölütleme.....	31
3.2.2.3	Sınır Temelli Bölütleme.....	31
3.2.2.4	Doku (Texture) Temelli Bölütleme.....	34
3.2.2.5	Bölüt Etiketleme Yöntemi ile Bölütleme	34
3.2.3	Özellik Çıkartma (Feature Extraction)	34
3.2.3.1	Temel Bileşen Analizi (Principel Componenet Analysis).....	35
3.2.3.2	Doğrusal Fark Analizi (Linear Discriminant Analysis).....	35
3.2.3.3	Bağımsız Bileşen Analizi (Independent Component Analysis)	36
3.2.4	Sınıflandırma.....	36
3.2.4.1	İstatistiksel Sınıflandırma Yöntemleri	37
3.2.4.2	Yapay Sinir Ağları ile Sınıflandırma	37
3.2.4.3	Karşılaştırılma Temelli Sınıflandırma Yöntemler	38
3.2.4.4	Parametrik Olmayan Sınıflandırma Yöntemler.....	40
3.3	Sonuç.....	42

BÖLÜM 4

TASARLANAN OHT ALGORİTMASI.....	43	
4.1	Görüntü Matrislerinin Elde Edilmesi.....	45
4.2	Görüntü Ön-İşleme ve İyileştirme.....	47
4.2.1	Gürültü Filtreleme	48
4.2.2	Histogram Dengeleme	50
4.2.3	Orijinal Görüntünün Eklenmesi	52
4.2.4	İzotropik Olmayan Yayınım.....	53
4.3	Bölütleme (Segmentation).....	60
4.3.1	Kenar Belirleme	60
4.3.1.1	Geliştirilen Kenar Belirleme Yöntemi.....	61
4.3.2	Morfolojik Kapama İşlemi.....	64
4.3.3	Kapalı Pksel bölgelerinin doldurulması.....	65
4.3.4	Bağlı Bileşen Etiketleme Yöntemi	66
4.3.5	Medyan Filtre	68
4.4	Özellik Çıkartma	69
4.4.1	Nesnelerin Ayrıştırılması.....	69
4.4.2	Döndürmeden ve boyuttan Bağımsızlık	70
4.4.3	Özellik Matrisinin Elde Edilmesi.....	75
4.5	Sınıflandırma	78
4.6	Test Çıktıları	80

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER	83
-------------------------	----

KAYNAKLAR.....	85
EK-A	
YAZILIM KAYNAK KODLAR.....	89
ÖZGEÇMİŞ.....	90

SİMGE LİSTESİ

$f(x, y)$	Giriş görüntüsü
$f'(x, y)$	Bozulmuş görüntü
$g(x, y)$	İşlenmiş çıkış görüntüsü
$N(x, y)$	Gürültü sinyali
$T[.]$	Transfer matrisi
$\nabla(.)$	Gradyent operatörü
$\nabla.(.)$	Diverjans operatörü
*	Konvolüsyon operatörü
α, β	Morfolojik kenar belirleme ağırlık katsayıları
σ	Standart sapma
$r(x, y)$	Uzamsal Ortam Filtre Gösterimi
$R(x, y)$	Frekans Ortamı Filtre Gösterimi
m_i	i.ninci vektör ortalama değeri
$\bar{\gamma}(x, y)$	Normalize edilmiş korelasyon matrisi
$D_j(x)$	j.ninci sınıfa ait uzaklık değeri
\oplus	Matematiksel morfolojide genişletme işlemi
\ominus	Matematiksel morfolojide daraltma işlemi
\circ	Matematiksel morfolojide Açma İşlemi
\bullet	Matematiksel morfolojide Kapama İşlemi

KISALTMA LİSTESİ

ASIC	Application-Specific Integrated Circuit
AT	Affine Transform
ATR	Automatic Target Recognition
AZFD	Ayrık-Zaman Fourier Dönüşümü
CCD	Charge-Coupled Device
FLIR	Forward Looking Infrared
FPGA	Field-Programmable Gate Array
HDL	Hardware Description Language
ICA	Independent Component Analysis
ISR	Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance
LDA	Linear Discrimination Analysis
MAC	Multiply and Accumulate
MIPS	Million Instructions per Second
MLP	Multilayer perceptron
MM	Matematiksel Morfoloji
MMW	Millimeter-Wave Sensör
MTI	Moving Target Indication
OHT	Otomatik Hedef Tanıma
PCA	Principle Component Analysis
PDF	Probability Density Function
RBF	Radial Basis Function
SOM	Self-Organizing Map
YE	Yapısal Element
YSA	Yapay Sinir Ağları

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2. 1	OHT sistemlerinin donanım ve yazılım olmak üzere genel yapısı..... 5
Şekil 2. 2	OHT sistem görevlendirme şeması 7
Şekil 2. 3	OHT donanım mimarisi 7
Şekil 2. 4	Sinyal uyumluluk düzeneği..... 8
Şekil 2. 5	İnfrared sensör 9
Şekil 2. 6	CCD sensörlerin donanım ve çalışma prensibi..... 9
Şekil 2. 7	FPGA ve geliştirme kartı temel blok şeması..... 11
Şekil 2. 8	OHT donanım, yazılım, algoritma ilişkisi 15
Şekil 2. 9	Sensör farklılıklarının test edilmesi..... 15
Şekil 3. 1	Piksel ve voksel matris gösterimi 17
Şekil 3. 2	Sayısal görüntülerde farklı çözünürlük örnekleri 18
Şekil 3. 3	OHT sistemlerinde görüntü işleme blokları 19
Şekil 3. 4	Giriş görüntüsünün işlenmesinin şematik gösterimi 21
Şekil 3. 5	Pertussis bakterisi test görüntüleri 23
Şekil 3. 6	Pertussis bakterisi test görüntülerinin filtrelenmesi 23
Şekil 3. 7	Test görüntüsü üzerinde AT uygulanması..... 27
Şekil 3. 8	Frekans ortamında görüntü iyileştirme 28
Şekil 3. 9	Histogram bölütlemesi..... 31
Şekil 3. 10	Bölge büyütme yöntemi şekilsel gösterimi..... 32
Şekil 3. 11	Şablon eşleştirme ile sınıflandırma şeması 39
Şekil 3. 12	Parzen penceresi uygulaması..... 40
Şekil 4. 1	Tasarlanan OHT sistemi algoritmasının akış diyagram şeması 44
Şekil 4. 2	Farklı sensörlerden elde edilen test görüntüleri..... 45
Şekil 4. 3	1. ve 2. Test görüntüleri 46
Şekil 4. 4	3. ve 4. Test görüntüleri 46
Şekil 4. 5	Periyodik gürültü 48
Şekil 4. 6	Periyodik gürültünün band durduran filtre ile temizlenmesi 48
Şekil 4. 7	Periyodik gürültü frekans bileşenleri 49
Şekil 4. 8	Histogram dengeleme (1. ve 2. görürüntü) 51
Şekil 4. 9	Histogram dengeleme (3. ve 4. görürüntü) 51
Şekil 4. 10	Orjinal görüntünün eklenmesi (1. ve 2. görürüntü)..... 52
Şekil 4. 11	Orjinal görüntünün eklenmesi (3. ve 4. görürüntü) 52
Şekil 4. 12	İzotropik olmayan yayılım A fonksiyonu..... 56
Şekil 4. 13	1. Görüntü için gauss filtreleme 57
Şekil 4. 14	1. Görüntü için izotropik olmayan yayılım 57
Şekil 4. 15	2. Görüntü için gauss filtreleme 57

Şekil 4. 16	2. Görüntü için izotropik olmayan yayılım.....	58
Şekil 4. 17	3. Görüntü için gauss filtreleme	58
Şekil 4. 18	3. Görüntü için izotropik olmayan yayılım.....	58
Şekil 4. 19	4. Görüntü için gauss filtreleme	59
Şekil 4. 20	4. Görüntü için izotropik olmayan yayılım.....	59
Şekil 4. 21	Kenar belirleme yöntemi blok diyagramı.....	61
Şekil 4. 22	1. Görüntünün kenar belirleme uygulaması	62
Şekil 4. 23	2. Görüntünün kenar belirleme uygulaması	63
Şekil 4. 24	3. Görüntünün kenar belirleme uygulaması	63
Şekil 4. 25	4. Görüntünün kenar belirleme uygulaması	63
Şekil 4. 26	MM kapama işlemi (1. ve 2. görüntüler)	65
Şekil 4. 27	MM kapama işlemi (3. ve 4. görüntüler)	65
Şekil 4. 28	Kapalı bölgelerinin doldurulması (1. ve 2. görüntüler)	66
Şekil 4. 29	Kapalı bölgelerinin doldurulması (3. ve 4. görüntüler)	66
Şekil 4. 30	Bağlı Bileşen Analizinde komşuluk ilişkisi	67
Şekil 4. 31	4 ve 8 komşuluk ilişkisinde aktif olan bazı komşu pikseller	67
Şekil 4. 32	Medyan filtre uygulanması (1. ve 2. görüntüler)	68
Şekil 4. 33	Medyan filtre uygulanması (1. ve 2. görüntüler)	68
Şekil 4. 34	1. görüntünün olası hedeflere ayrıştırılması.....	69
Şekil 4. 35	2. görüntünün olası hedeflere ayrıştırılması.....	69
Şekil 4. 36	3. görüntünün olası hedeflere ayrıştırılması.....	70
Şekil 4. 37	4. görüntünün olası hedeflere ayrıştırılması.....	70
Şekil 4. 38	Sınırlarının tek piksel halinde elde edilmesi 1. görüntü.....	71
Şekil 4. 39	Sınırlarının tek piksel halinde elde edilmesi 2. görüntü.....	71
Şekil 4. 40	Sınırlarının tek piksel halinde elde edilmesi 3. görüntü.....	72
Şekil 4. 41	Sınırlarının tek piksel halinde elde edilmesi 4. görüntü.....	72
Şekil 4. 42	Zincir kodlaması komşuluk ilişkisi	72
Şekil 4. 43	2. Test görüntüsüne ait değişik açılarda döndürülmüş hedef.....	74
Şekil 4. 44	YSA ağ katmanlarının gösterilmesi.....	78
Şekil 4. 45	YSA MLP yapısı	79
Şekil 4. 46	Test çıktıları 1. adım	80
Şekil 4. 47	Test çıktıları 2. adım	80
Şekil 4. 48	Test çıktıları 3. adım	81
Şekil 4. 49	Test çıktıları 4. adım	81
Şekil 4. 50	Test çıktıları 5. adım	81
Şekil 4. 51	Test çıktıları 6. adım	82
Şekil 4. 52	Test çıktıları 7. adım	82

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Çeşitli alanlarda kullanılan çözünürlük değerleri	12
Çizelge 4.1 Ayrım kriteri sınıflandırılması	47
Çizelge 4.2 MM kenar belirleme yöntemi için kullanılan ağırlık katsayıları.....	64
Çizelge 4.3 1. görüntü için döndürmeden bağımsızlık katsayısı.....	75
Çizelge 4.4 2. görüntü için döndürmeden bağımsızlık katsayısı.....	76
Çizelge 4.5 3. görüntü için döndürmeden bağımsızlık katsayısı.....	76
Çizelge 4.6 4. görüntü için döndürmeden bağımsızlık katsayısı.....	77

**BİR OTOMATİK HEDEF TANIMA ALGORİTMASININ DONANIM
GERÇEKLEMESİNE YÖNELİK OPTİMİZASYONU**

Erdoğan ALDEMİR

Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Vedat TAVŞANOĞLU

Otomatik Hedef Tanıma (OHT), amaca yönelik tasarlanan algoritma ya da donanımların giriş verilerini otonom olarak tanınması veya sınıflandırması işlemlerinin gelen adıdır. Otomatik hedef tanıma amacıyla oluşturulmuş otonom yapı ya da düzenekler OHT sistemi olarak adlandırılır. OHT sistemleri, sınırlı optik spektrum hassasiyetine sahip, kolaylıkla yanılabilen insan algısını devreden çıkarması ve karmaşık veri kümelerini değerlendirebilme yeteneğine sahip olması açısından son yıllarda hem sivil hem de askeri pek çok alanda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

OHT sistemlerinin tasarlanmasında kullanılan teknikler, görüntü işleme ve istatistiksel tabanlı olmak üzere iki ana başlık altında değerlendirilebilir. Tez çalışmasında hem görüntü işleme hem de istatistiksel teknikler üzerinden geniş bir literatür taraması yapılmış ve çeşitli alanlarda avantajlı hale gelen görüntü işleme tabanlı algoritmalar, uygulamalarıyla birlikte değerlendirilmiştir.

Aided Target Recognition, Automatic Target Recognition, Automatic Tracking System ve otomatik hedef tanıma (OHT) sistemleri gibi farklı adlar altında tanımlanan otonom tanıma sistemleri, gelişen algılayıcı teknolojileri sayesinde elde edilen yüksek boyuttaki veri kümelerini kısa sürede otonom bir şekilde işleyebilmekte ve değerlendirilmektedir. Diğer yandan bu sistemlerin en büyük dezavantajı ise özel bir amaç için tasarlanmış olmaları ve probleme sınırlı bir alanda çözüm sunmalarıdır. Özellikle görüntü işleme tabanlı sistemler, problemlere genel çözümler sunmaktan ziyade giriş verisine bağımlı, sınırlı bir alandaki problemlere çözüm getirmektedir. Bu dezavantajın

en önemli nedeni algoritmaların problem odaklı tasarlanmasıdır. Problem odaklı tasarlanmış bir OHT sistemini farklı bir problem üzerinde uygulayabilmek tasarlanan algorithmada optimizasyon ihtiyacı doğurmaktadır.

Bu çalışmada çeşitli OHT sistemlerine ait eksiklikler incelenmiş ve bu sistemlerin dezavantajlarının giderilmesi için çeşitli çözüm önerileri sunulmuştur. Bu çözüm önerileri arasında literatürde kullanılan zincir kodlamasının dairesellik özelliğinden faydalanılarak yönteminin bir OHT sistemine döndürmeden bağımsızlık özelliği kazandırılması amacıyla kullanılarak bir öznitelik elde edilmesi ve OHT sistemlerinin daha iyi bir bölütleme performansı sağlayabilmesi amacıyla yeni bir kenar belirleme yönteminin önerilmesi vardır. Sistemin sınıflandırma aşamasında ise yapay sinir ağları temelli çözüm önerileri sıralanmıştır.

Tez çalışmasında, tasarlanan görüntü işleme tabanlı OHT algoritması çeşitli veri tabanlarına ait görüntüler üzerinde test edilerek görüntü işleme ve istatistiksel yöntemlerden elde edilen sonuçlar incelenmiştir. OHT sistemlerinin avantaj ve dezavantajları değerlendirilerek, sistemlerin içerdiği eksiklikler ve bu eksikliklerin giderilmesi için çeşitli çözüm önerileri, sonuçlar üzerinden detaylı bir şekilde sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Otomatik hedef tanıma (OHT), atr, izotropik olmayan Yayınım, Freeman zincir kodlaması, bölge büyütme, İlgin (afine transform) dönüşümü, görüntü sınıflandırma

**AN AUTOMATIC TARGET RECOGNATION ALGORITHM INTENDED FOR
HARDWARE IMPLEMENTATION**

Erdoğan ALDEMİR

Department of Electronics and Communications Engineering

MSc. Thesis

Advisor: Prof. Dr. Vedat TAVŞANOĞLU

Automatic target recognition (ATR), is a title of general concept of the systems that designed for a particular goal and aimed to give a purposeful output by executing a specific algorithm respectively and autonomously. The machineries or autonomous structures that designed for aim of automatic target recognition are generally named as ATR systems. The ATR systems are getting to be more preferred in civilian and warfare application areas because of switching off human factors that have a narrow sense of optical spectrum and being able to discern more complex details of data.

Techniques that used for designing ATR systems can be evaluated in two main topic: image based and statistical based techniques. In this work both of the techniques are searched and discussed with a wide range of literature background. However image processing techniques having steep trend on evolution with great advantages in more area are considered with application result of techniques.

One of the the most crucial drawback of the autonomous systems, namely aided target recognition or automatic target recognition or automatic tracking system or ATR systems, are designing for specific areas or issues and consequently systems come with solution in a narrow specific area. Especially image processing based techniques systems are designing and using for a particular problem rather than be able to making use of a wide range of recognition areas. The most considerable reason of this downside is designing the algorithms depending on the specific problems. This issue

that is a significant downside of ATR systems could be optimizing when the system is needed to use in an other area or problems make the ATR systems problem-oriented.

In this study, drawbacks of the ATR systems are probed and potential solutions of the problems are suggested. Using circular sequence of direction number of Freeman chain code for rotation invariant feature of the ATR systems as a feature is one of this solutions. Another solution is suggested for using a effective edge detection techniques combining mathematical morphology edge detection and canny algorithms for more affective segmentation. Furthermore, artificial neural network are discussed in classification module on behalf of designing of a holistic atr system.

Designed ATR systems are tested using both image and statistical techniques on a wide range photo database and the test result are examined. Drawbacks and advantages of the ATR systems are investigated and potential solution are presented in details.

Keywords: Automatic target recognition, atr, anisotropic diffusion, freeman chain code, Region Growing, Affine Transform, Image Classification

1.1 Literatür Özeti

İki boyutlu sinyal işleme, köklü bir literatür geçmişine sahip geniş bir çalışma alanıdır [1]. Bu çalışma alanlarından biri ATR (automatic target recognition)'dir. ATR, bir algoritma ya da donanım yapısının hedef veya nesnelere çeşitli algılayıcılardan elde edilen bilgiler doğrultusunda tanıyabilme yeteneğidir [2], [3]. Bu amaç doğrultusunda oluşturulan otonom yapılar ATR sistemleri olarak tanımlanır. Tez boyunca literatürde yaygın olarak kullanılan ATR terimi için terimin Türkçe karşılığı olan Otomatik Hedef Tanıma, OHT, terimi kullanılacaktır.

İlk yıllarda daha çok genel bir çalışma alanı içinde değerlendirilen otonom sistemler son yıllarda hedef ya da örüntü tanıma, OHT gibi daha özel alanlarda yoğunlaşmıştır. Yakın zamanda yapılan 3-D ve hiperspektral görüntüleri ile farklı spektrumlarda çalışan sensör görüntülerinin kullanıldığı çalışmalar sayesinde OHT daha geniş bir çalışma alanı haline gelmiştir. OHT alanında yapılan çalışmalar incelendiğinde özellikle son yıllarda görüntü işleme tabanlı yöntemler kullanılarak çok sayıda çalışma yapıldığı görülmektedir [2], [4]. Bu çalışmalar ve kullanılan yöntemler ilgili kısımlarda ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir.

Çoğunlukla askeri sistemler ve savunma sistemleri üzerinden gelişmeye başlayan OHT kavramı savaş hali (warfare) dışında; sanayi, sivil güvenlik, endüstriyel üretim ve eğitim gibi çeşitli amaçlarla da yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. OHT sistemlerinde meydana gelen gelişmelere çoklu-sensör (multisensory) uygulamalı algoritmalar, akıllı silah teknolojisi, robotik askeri araçlar, akıllı keşif ve gözetleme (ISR) gibi savunma ve savaş

alanlarındaki ihtiyaçlar öncülük etmiştir. Diğeryandan sivil OHT sistemleri arasında: havacılık elektronik sistemleri (avionic), tüzel ve kamu güvenlik sistemleri, tıbbı görüntü işleme sistemleri gibi tam ve yarı otonom sistemler bulunmaktadır.

OHT alanındaki ilk alışmalar, Reischer [5] ve Dasarathy, Sheela [6] tarafından daha çok hedef takip ve sınıflandırması alanlarında yapılan metodolojik araştırmalardır. İlk çalışmalarda daha büyük sistemlerin alt parçaları olarak değerlendirilen OHT sistemleri, ilerleyen yıllarda bağımsız bir çalışma alanı haline gelmiştir. 1990 yıllarının başlangıcında OHT algoritmaları üzerinde sistematik çalışmalar artmıştır [7], [8]. Bu yıllarda OHT sistemleri bütün işlevsel bileşenleri ile ayrıntılı bir şekilde tanımlanmıştır [7]. 2000'li yıllardan sonra OHT sistemlerinde görüntü işleme teknikleri üzerinde çalışmalar yoğunlaşmış [4] ve uygulanabilir donanım yapıları üretilmiştir [9].

Türkçe literatürde göze çarpan çalışmalar arasında [2], [10] ve [11] sayılabilir. 2000'li yıllardan sonra OHT sistemleri üzerinde yapılan çalışmalarda önceki yıllara nazaran önemli bir artış gözlenmiştir. Son yıllarda yapılan tez çalışmalarında sadece OHT sistemlerinin metodolojik incelemeleri üzerinde durulmamış, aynı zamanda sistemlerin sahip oldukları çeşitli problemlerle ilgili çözüm önerileri de sunulmuştur. Bunlar özüm önerileri arasında Ertürk A. tarafından yazılan [12] çalışmada döndürme ile ölçeklendirme değişmezlikleri parametresi üzerine yapılan çalışmalardır. Diğeryandan son yıllarda yapılan önemli çalışmalar arasında bu tez çalışmanın başlangıç noktası olan Otomatik hedef tanıma [2] tez çalışması bulunmaktadır.

Yakın zamanda yapılan tez çalışmalarının [2], [11], [12] önemli bir özelliği OHT yapılarını hem donanım hem de yazılım olarak bütünsel bir bakış açısıyla değerlendirmeleridir. Bu çalışmada hem 2008 yılında yayınlanan Otomatik hedef tanıma [2] çalışması üzerinden ayrıntılı incelemeler yapılmış hem de daha güçlü bir otonom yapı oluşturulması amacına yönelik olarak bölütleme ve özellik çıkartma basamakları için çözüm önerileri sunulmuştur. Özellik ıkartma aşamasında, algoritmaya döndürmeden bağımsızlık özelliğinin sağlanabilmesi için bir öznitelik değeri araştırılması yapılmıştır. Önerilen özüm yöntemleri değerlendirildiğinde, ileriki çalışmalarda hedeflenen donanım gerçekleşmesi amacına uygunluğu göz önünde tutulmuş ve daha az veri kullanımı gibi kriterler temel alınarak tasarımlar yapılmıştır.

1.2 Tezin Amacı

Bu tez çalışmasında bir OHT sisteminin hem teorik hem de yazılım olarak algoritmik adımlar halinde işletilmesi ve ayrıntılı bir şekilde incelenmesi amaçlanmıştır. OHT alanında Türkçe kaynaklar incelendiğinde geçmiş yıllara ait çok fazla çalışma bulunmadığı görülmektedir. Dolayısıyla bu çalışma ile OHT sistemleri metodolojik incelenmesi yapılmış ve bu sistemlerin gerçekleştirilme kriterleri temel alınarak bu alanda yapılacak ileriki çalışmalar için bir fikir oluşturulması hedeflenmiştir.

OHT alanında yapılan çalışmalar incelendiğinde çok çeşitli algoritma ve yöntemlerin önerildiği görülmektedir [7], [9], [10], [12]. Yüksek işlem gücüne sahip işlemcilerin yaygınlaşması ve daha uygun algoritmaların üretilmesi görüntü işleme tabanlı sistemlerin de tasarımını kolaylaştırmıştır. Bu çalışmanın amaçlarından biri de görüntü işleme yoğunluklu bir OHT sistemi için üretilmiş bir algoritmanın işletilerek, yapının gerçekleştirilebilirliği konusunda öneriler sunmaktır. Ayrıca tasarlanan algoritmanın avantaj ve dezavantajları göz önüne alınarak fikir ve çözüm önerileri sunulması amaçlanmıştır.

Tezin literatür taraması boyunca farklı otonom sistemlerde kullanılan istatistiksel yöntemler, doğrusal ve doğrusal olmayan görüntü işleme teknikleri, nesne eşleme gibi çeşitli yöntemler incelenmiş, bunların yanı sıra görüntü işleme algoritmalarının temel alındığı bir çok yöntem ağırlıklı olarak ele alınmıştır. OHT sistem olarak değerlendirilerek bir bütün şeklinde ihtiyaç ve gereksinimleri, donanım mimarileri gelişen teknolojiler ölçüsünde anlatılarak OHT sistemleri için genel bir perspektif çizilmiştir. Bütünsel yapının son aşaması olan sınıflandırma ve tanıma bloğu için teknikler önerilmiştir. Sınıflandırma aşamasının yazılım gerçekleştirilmesi ise algoritmanın donanım yapısına uygunluğu göz önünde bulundurularak devam etmektedir.

OHT algoritması tasarlanırken sistemin içerdiği eksiklikler için çeşitli fikir ve çözüm önerileri sunulmuş ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Bu çözüm önerileri arasında döndürmeden bağımsızlık özelliğinin kazandırılması için Freeman zincir kodunun kullanılması ve daha iyi bir bölütleme performansı sağlanması amacıyla kenar belirleme yöntemi önerilmesi bulunmaktadır.

1.3 Orijinal Katkı

Otonom sistemler, otomatik kontrol sistemleri; tarihsel gelişim süresince askeri ihtiyaçların öncülük ettiği önemli ihtiyaçlardan biri olmuştur. Özellikle denetlemede hata faktörünün ve insan müdahalesinin azaltılarak kullanılabilir sistemler oluşturma; önemli ve hayati bir ihtiyaç olagelmıştır. Bu tez çalışmasında, tasarlanan bir OHT sistemi kullanılarak otonom bir yapı oluşturulmuştur. Tez çalışmasında yazılım olarak MATLAB programı kullanılmıştır. Donanım yapıları açısından da algoritmanın ayrıntılı incelenmesi yapılmıştır.

Tasarlanan OHT algoritması için kullanılan yöntem ve teknikler işletilerek elde edilen sonuç ve bulgular avantaj ve dezavantajları göz önünde bulundurularak değerlendirilmiştir. Algoritma tasarlanırken son yıllarda OHT sistemlerinde kullanılan çeşitli parametreler [13] göz önünde bulundurulmuştur. OHT algoritmalarının temel dezavantajı olan probleme özgü tasarım yönü vurgulanmış ve geliştirilen algoritmanın mümkün olduğu kadar genel bir çözüm perspektifi sunması amaçlanmıştır. Bu açıdan, tasarlanan OHT sistemine daha iyi bir bölütleme performansı sağlanmak amacıyla matematiksel morfolojik (MM) kenar belirleme ve Canny kenar belirleme yöntemi [1] paralel olarak kullanılmıştır. Ayrıca döndürmeden bağımsızlık özelliği kazandırması amacıyla Freeman zincir kodlamasının dairesellik özelliğinin [1] kullanılması önerilmiştir. Zincir koduna ait fark vektörünün ortalama değeri hesaplanarak, elde edilen katsayının nesneye ait ayırt edici bir parametre olup olmadığı araştırılmıştır. Böylece sistemin giriş verilerine ait bir öznelik elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu öznelik değerinin nesnenin döndürülmesinden ve ölçeklendirilmesinden bağımsız bir değer olup olmadığı incelenmiştir.

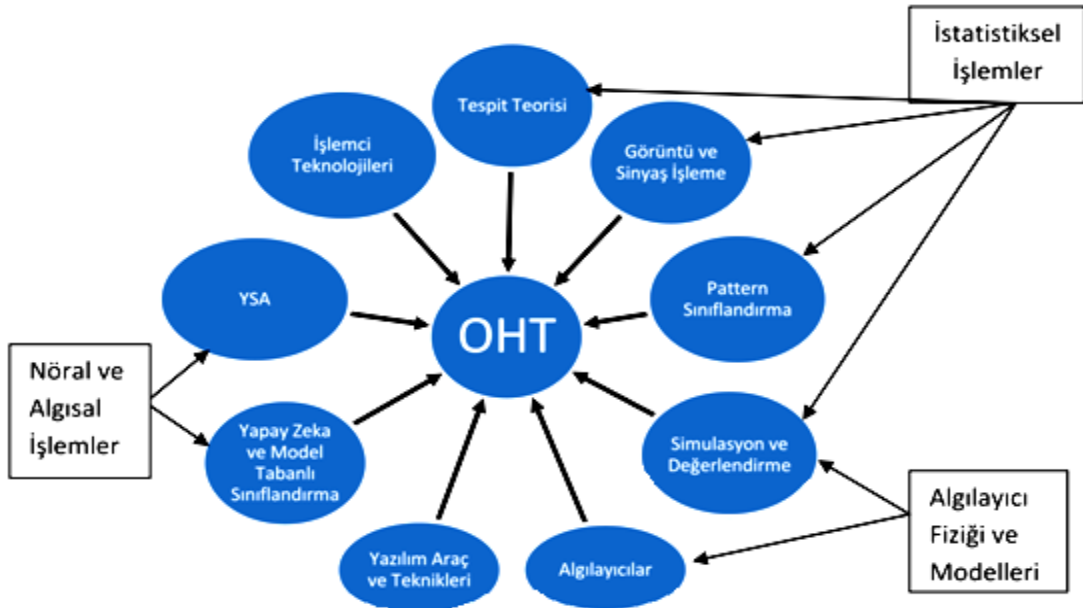
Elde edilen sonuçların çeşitli parametrelere göre değerlendirilmesi yapılmış ve alternatif çalışmalardan elde edilen test sonuçları sistematik olarak sonuç kısmında sunulmuştur. Son olarak ise sistemlere ait öneri ve değerlendirmeler sıralanarak çalışma sonlandırılmıştır.

OTOMATİK HEDEF TANIMA SİSTEMLERİ VE BU SİSTEMLERİN ALT BİLEŞENLERİ

Otomatik hedef tanıma (OHT) sistemlerinin donanım, yazılım mimarisi ve sistemi oluşturan çevre bileşenleri sistem tasarlanırken ilk önce değerlendirilmesi gereken parametrelerdir. Başarılı ve etkili bir sistem tasarımı için sisteme ait bütün yapısal bileşenler ayrıntılı olarak değerlendirilmelidir. Bu bölümde tasarıma yardımcı olması açısından yazılım ve donanım yapıları ayrıntılı olarak incelenecektir.

2.1 Otomatik Hedef Tanıma (OHT) Sistemlerine Genel Bir Bakış

OHT teknolojileri çeşitli amaçlar için tasarlanmış algoritmaların otonom sistemler halinde sorunsuzca çalışmalarını amaçlar. Bu amaç doğrultusunda Şekil 2.1’de bütünsel bir OHT sistemi alt bileşenleri ile birlikte gösterilmiştir [14].



Şekil 2.1 OHT sistemlerinin donanım ve yazılım olmak üzere genel yapısı

OHT sistemleri, çeşitli amaçlar doğrultusunda farklı tasarım ve algoritmalar içerseler de genel olarak yukarıda gösterilen yapının korunduğu sistemlerdir.

OHT sistemleri üstlendikleri görevleri sorunsuzca yerine getiren, çalışma sürekliliği sağlayan sistemler olarak tasarlanmakta ve çok çeşitli alanlarda kullanılmaktadır [10], [13], [14].

2.2 Otomatik Hedef Tanıma (OHT) Sistemi

OHT amacıyla tasarlanmış, donanım ve yazılım olarak bütünlük gösteren yapılara OHT sistemi adı verilir. Bu sistemlerin tasarım ve kullanım aşamasında sağlanması gereken bazı değerlendirme kriterleri bulunmaktadır. Bunlar arasında,

1. Nesne tespit oranı, probability of detection (PD)
2. Yanlış bildirim oranı, False Alarm Rate (FAR)
3. Doğru sınıflandırma oranı, Probability of Correct Classification (PCC)
4. Doğru kimliklendirme oranı, Probability of Correct Identification (PID).

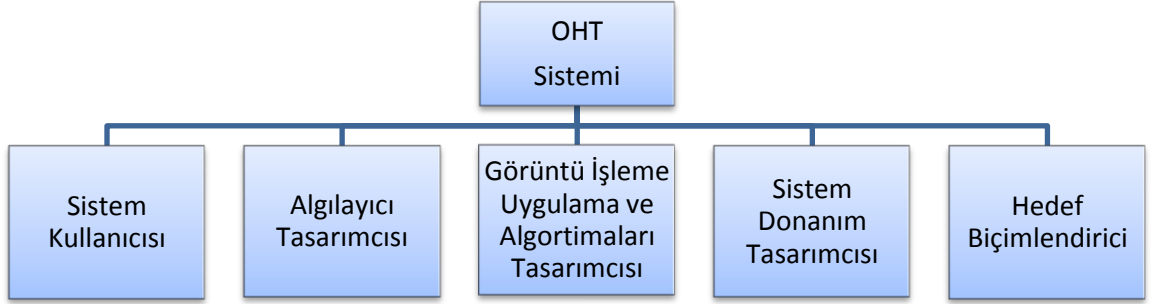
gibi temel ölçütler bulunmaktadır [4]. Farklı sistemler için değerlendirme kriterleri değişiklik göstermektedir. Örneğin ön-ikaz savunma amaçlı bir OHT sisteminde değerlendirme parametrelerinden olan FAR değeri en düşük, PD değeri ise yüksek tutulmalıdır.

2.2.1 OHT Sistem Gereksinimleri

Bir OHT sisteminden normal koşullar altında güvenilir ve kabul edilebilir sonuçlar elde edilebilmesi için sistemin gereksinimlerin doğru bir şekilde tanımlanması gerekmektedir. Bu gereksinimler arasında OHT sistemine ait girişler, görevlendirme için keşif verisinin elde edilmesi, tanınacak hedeflerin sayısı ve çeşit bilgisi, elde edilen verilerin kalitesi, algılayıcı performans değeri, güdümlü mermi (motor ya da kamera konumu) rehber bilgisayar çıktıları, alanda (sivil ya da askeri) bulunan işlenebilir maksimum hedef sayısı, hedef türü tahmini, örn. tank, kamyon, cip vb, hedef ölçümlerinin doğruluğu gibi kriterler bulunmaktadır [13]. Ancak bu gereksinimler sistemin kullanım amacına göre artabilir ya da azalabilmektedir.

2.2.2 OHT Sistem Bileşenleri

OHT sistemleri, otonom yapılar olmaları itibariyle bu sistemlerin kabul edilebilir sonuçlar verebilmesi için iç koşullarının, çevresel etkenlerin ve problemin göz önünde bulundurulması gerekmektedir [4], [13]. Aşağıda OHT sistemi görevlendirme şemasında tasarım ve uygulama sürecinde rol alan bileşenler verilmiştir [2].

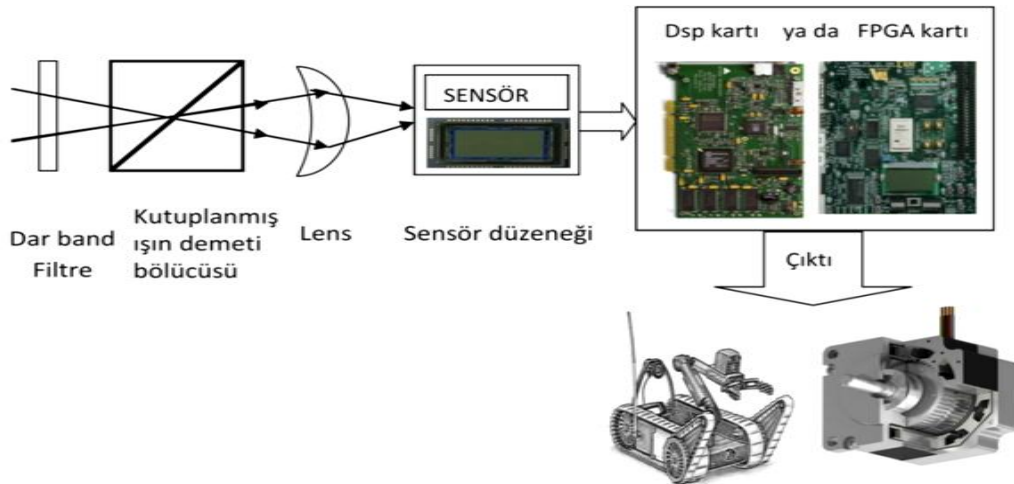


Şekil 2.2 OHT sistem görevlendirme şeması

OHT sistemini oluşturan bileşenler sistem sürekliliğini sağlaması açısından önemlidir.

2.3 OHT Donanım Mimarisi

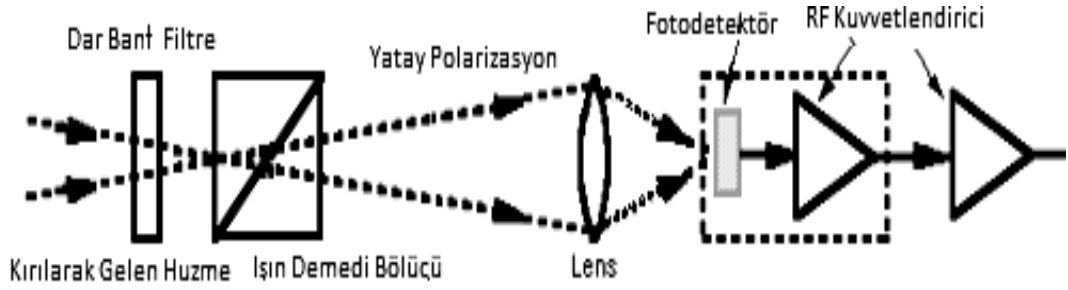
OHT sistemlerinin mimarisi genel olarak dört ana bölümden oluşmaktadır. Bu donanım yapıları Şekil 2.3’de gösterilen, girişlerin yönlendirildiği optik ya da akustik düzenekler, işaretin algılanmasını sağlayan algılayıcı düzenekler, dönüştürülen işaretin işlendiği DSP, FPGA gibi ana işlem birimleri ve son olarak da işlenmiş işaretin kullanıcıya ya da sistemin çıkış birimine gönderildiği çıkış birimler olarak sayılabilir [2].



Şekil 2.3 OHT donanım mimarisi

2.3.1 Sinyal Uyumluluk Düzenegi

OHT sistemlerinde, sensörlerin sinyalleri doğru bir şekilde algılayabilmesi sistemin başarımı için önemli bir etkidir. Bazı OHT sistemlerinde, optik sinyaller (EM ya da farklı ışın dalga boylarında yayılım yapan sinyaller) düzgün bir ışınım elde edilebilmesi amacıyla optik bir düzenekten geçirilir. Bu yapılar sayesinde, ışın huzmeleri kırıcı ve yansıtıcı yüzeylerden ya da filtrelerden geçirilerek istenen dalga boyunda ve kalitede sinyallerin elde edilmesi sağlanır. Ayrıca bazı durumlarda dikey ya da yatay polarizasyon sağlanması, RF kuvvetlendiriciler ile düşük kuvvetteki sinyallerin kuvvetlendirilmesi gibi ek işlemler de düzeneğe eklenebilmektedir. Şekil 2.4'te örnek bir sinyal uyumluluk düzenegi verilmiştir.



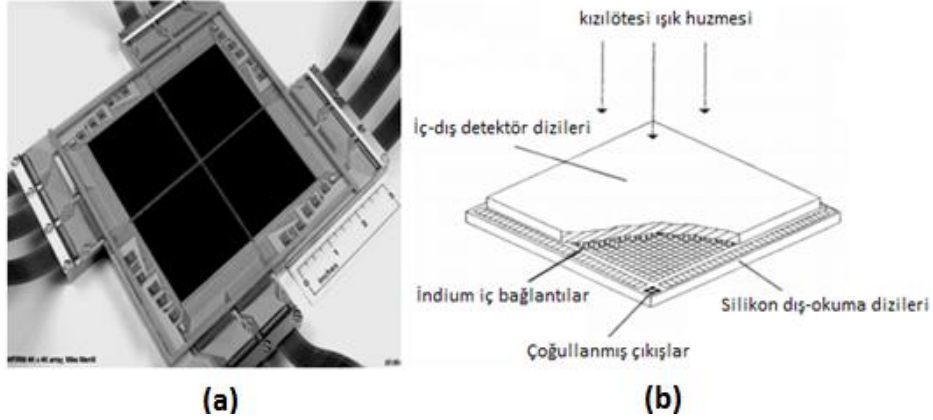
Şekil 2.4 Sinyal uyumluluk düzenegi

2.3.2 Sensör Düzenegi

OHT sistemlerinin giriş verisi olan tek boyutlu ya da çok boyutlu sinyallerin elde edilebilmesi için farklı sensörler kullanılmaktadır. Son yıllarda kullanılan sensör çeşitliği iyice artmıştır. Bu sensör çeşitlerinden yaygın olarak kullanılanlar aşağıda sıralanmıştır.

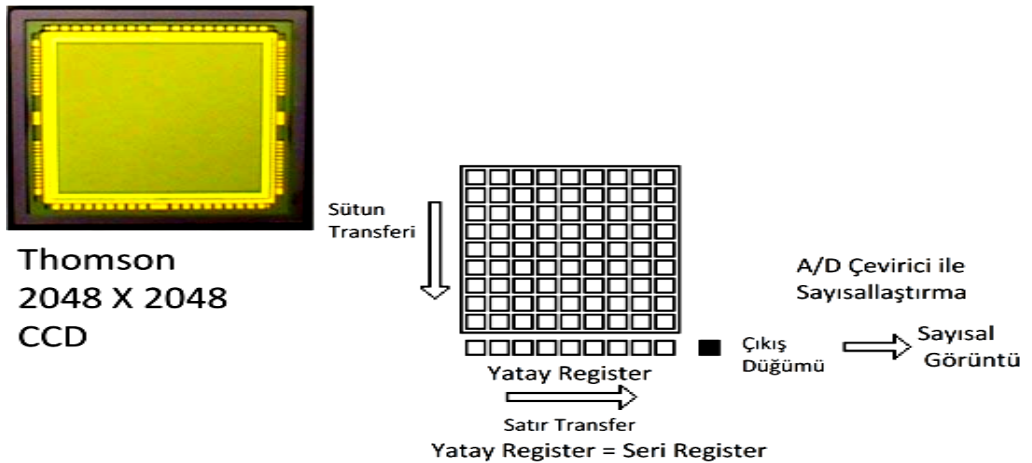
1. **Aktif MMW sensörler**, görüntüleme sistemlerinde sıklıkla kullanılan bir algılayıcıdır. Radar algılayıcılarında kullanılan çeşitli işlem frekanslarında çalışan ve yaklaşık 20 dB gürültü üreten bir algılayıcıdır (örn. SAR) [9], [15].
2. **Aktif ve pasif akustik sensör**, ses dalgaları bilgi alınmak istenen bölge üzerine gönderilir ve bölgeden yansıyan dalgaların hız ve dağılımları kullanılarak görüntüler elde edilir. Çoğunlukla düşük çözünürlüğe sahip görüntülerin elde edildiği sensörlerdir. Akustik sensörler, 20 Hz ile 20 KHz arasındaki ses frekanslarında çalışmaktadırlar [15].

3. **Pasif Kızılötesi Sensörler**, 1,0 μm ile 1000 μm arasında dalga boylarında çalışan silisyum (Si_{14}) ve Arsenik (As_{33}) elementinden yapılan ve özellikle canlı nesnelerin arka plandan ayırt edilmesini sağlayan bir sensördür [16]. Kızılötesi sensörlerden elde edilen görüntüler radar görüntülerine göre daha detaylı ve keskin görüntülerdir [15]. Şekil 2.5'te 4Kx4K diziye sahip 6 inç büyüklüğünde bir infrared sensör gösterilmiştir.



Şekil 2.5 İnfrared sensör (a) dıştan görünüş (b) sensörün iç yapısı

4. **Aktif Lazer-Radar (Ladar) sensörler**, görüntüler gönderilen lazer darbelerinin görüntülenecek bölgeler üzerinden yansıyıp LaDar sensörlerine geri ulaştırdıkları enerjileri ile elde edilir. Bu sensör çeşitleri 3 boyutlu görüntüleme (3D) başarılı sonuçlar vermektedir [7], [15].
5. **CCD Sensörler**, ticari olarak yaygın bir şekilde kullanılan, IR sensörlerden daha az okuma gürültüsü ile çalışan, iki boyutlu ışığa duyarlı matris yüzeylerden oluşan algılayıcılardır [16]. Şekil 2.6'da örnek bir CCD sensör yapısı gösterilmiştir [17].



Şekil 2.6 CCD sensörlerin donanım ve çalışma prensibi

CCD sensörler yaygın olarak kullanılan, görülür ışık bölgesine duyarlı sensörlerdir. Duyarlı oldukları ışık dalga boyu 0,3 μm ile 1,0 μm arasındadır [16]. CCD sensörler veri eldesi için seçilirken çalışma sıcaklıkları, ışık dalga boyuna uygunluğu gibi kriterler göz önünden bulundurulmalıdır. 170 K ile 12 K sıcaklıkta çalışabilen Si_{14} , As_{33} , Sb_{51} gibi element ve bileşiklerinden elde edilen geniş bir sensör seçim aralığı mevcuttur [16].

OHT algoritmalarının çoğunlukla problem odaklı olması nedeniyle sensör seçimleri de sistemin başarımında önemli bir paya sahiptir [9]. Farklı problemler için uygun sensör seçiminin sistemin bütününe ait başarımı önemli ölçüde etkilemektedir.

2.3.3 Sayısal Görüntü ve İşaret İşleme Kartları

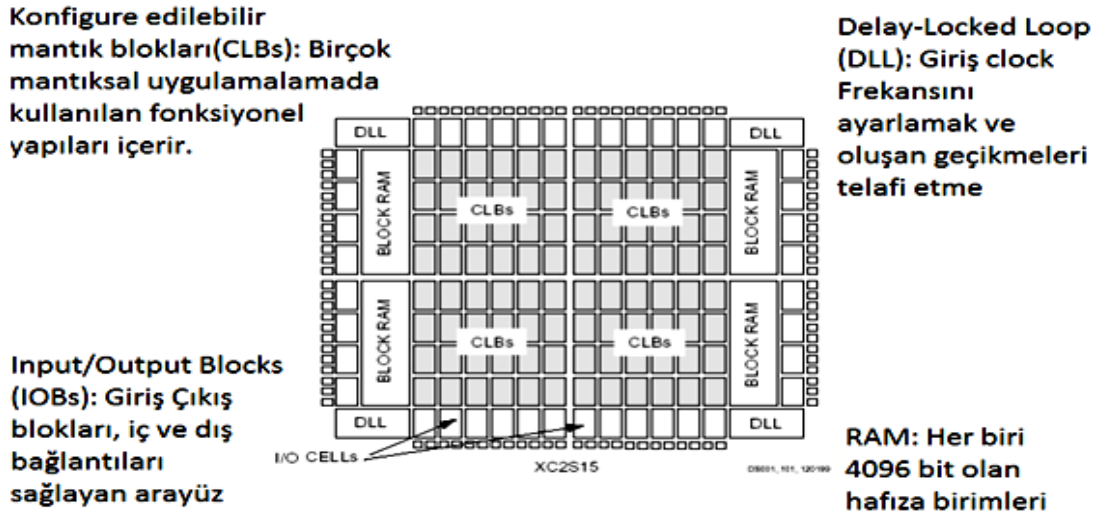
OHT sistemlerini oluşturan temel bileşenlerden bir diğeri işlemlerin yürütüldüğü donanım bloklarıdır. Bu işlemci yapıları her modüle ait giriş verisini işleyerek bir çıkış elde etmektedir. Bazı algoritmalarda modüllerin paralel çalışma gerekliliği, görüntü işleme tabanlı OHT sistemlerinin yoğun işlem ihtiyacı ve büyük boyutta görüntülerin işlenmesi gibi durumlarda yüksek işlem gücüne sahip donanımlara ihtiyaç duyulmaktadır. Son yıllarda OHT uygulamalarında FPGA gibi paralel işlem yeteneğine sahip sayısal işaret işleme kartları ve yüksek çalışma frekansına sahip işlemciler bu ihtiyacı karşılayacak düzeydedir. Bu amaç için kullanılan donanımlardan ilki, işaret işleme amacıyla tasarlanmış bir mikro denetleyici olan DSP (Digital Signal Processing) kartıdır. Sistem tasarımında kullanılan bir diğer yapı ise paralel işlem yeteneğine sahip FPGA kartıdır. DSP kartları daha çok yüksek performans gerektirmeyen uygulamalar ile FPGA ile eş zamanlı kullanımlarda tercih edilirken, FPGA kartları yüksek performans gerektiren gerçek zamanlı uygulamalarda başarılı bir şekilde kullanılmaktadır [18].

Kullanılan DSP kartlarına örnek olarak verilebilen TMS320C6713 DSP kartı standart mikro işlemcilerden farklı olarak toplama ve çıkarma işlemleri için özel MAC (Multiply-accumulate operation) birimlerine sahiptir. DSP kartlarını programlamak için genellikle C programlama dili kullanılmaktadır. 32 bit komut çevrimine sahip 225 MHz frekansında çalışan 240 MIPS TMS320C6713 DSP kartı ile saniyede yaklaşık $51,2 \times 10^6$ adet veri örneği işlenebilirken, standart bir mikroişlemci ile aynı sürede ancak

2×10^6 adet veri örneği işlenebilir [19]. Görüntü işleme uygulamaları için dâhili hafızaların çoğunlukla yeterli olmadığı DSP kartlarında harici hafıza blokları kullanılmaktadır. C6713 DSK kartı 16 MB dış hafıza bloğuna sahiptir. Bu değerler yüksek çözünürlüğe sahip olmayan görüntülerin işlendiği bir görüntü işleme tabanlı OHT algoritmasında kullanılan konvolusyon, Fourier dönüşümü, zaman, frekans ortamı filtrelemeler ve piksel tabanlı işlemler için kabul edilebilir sonuçlar vermektedir.

OHT sistemlerinde son yıllarda kullanılan bir diğer görüntü işleme donanımı, paralel işlem olanağı sağlayan FPGA kartlarıdır. FPGA kartları gerekli görüldüğünde kendi iç hafıza bloklarını kullanabilen, basit mantık işlemlerinden karmaşık fonksiyonlara kadar pek çok işlemi yapmaya programlanabilen paralel yapılardan oluşurlar. Şekil 2.7’de gösterilen FPGA kartı mantık blokları üretimden sonra kullanıcı tarafından programlanabilir ve birbirleri arasında hiyerarşik bağlantılar oluşturulabilir [20].

SPARTAN II FPGA Temel Blok Diyagramı



Şekil 2.7 FPGA ve geliştirme kartı temel blok şeması

FPGA programlamada kullanılan yaygın HDL dilleri VHDL ve Verilog’dur. İlk geliştirdikleri dönemlerde yavaş çalışan FPGA’lar son yıllarda yüksek hızlara ulaşmış ve paralel işlem yetenekleri sayesinde görüntü işleme uygulamalarında tercih edilmeye başlanmıştır [18], [20], [21]. Çizelge 2.1’de çeşitli kullanım alanlarına ait ihtiyaç duyulan bazı çözünürlük değerleri verilmiştir [21]. Bu yüksek çözünürlük değerler dikkate alındığında FPGA kartlarının modüler programlama ve paralel işlem yetenekleri sayesinde gelecekte daha fazla tercih edilen bir donanım olacağı öngörülebilir. Son

yıllarda FPGA donanımlarının kullanıldığı uygulamalarda önemli oranda artış bu öngörüyü desteklemektedir.

Çizelge 2.1 Farklı kullanım alanlarda kullanılan çözünürlük değerleri.

Kullanım Amacı	Çözünürlük Değerleri
HD televizyonlar	1920 x 1080
Sayısal Kameralar	4096 x 1714
Video konferans	1280 x 720
Medikal Görüntüleme	3000 x 3000
Endüstriyel Takip	1280 x 720
Askeri Keşif ve Takip	4000 x 4000
Makine Görmesi	4000 x 4000

Geliştirilen OHT algoritmasında farklı çözünürlük değerleri üzerinden algoritma ve sistem başarımı değerlendirmeleri yapılmıştır. Ayrıca yüksek çözünürlük değerinin kullanım alanı ile ilgili bir ihtiyaç olmakla birlikte, düşük çözünürlüklü görüntülere göre içerdiği daha fazla bilgi nispetinde sistemin başarımını da önemli ölçüde etkilediği görülmüştür. Bu nedenle görüntülerin yüksek çözünürlüğe sahip olması işlem yükü ve karmaşasına neden olmakla birlikte tercih edilen bir durumdur.

Genel olarak OHT sistemlerinde kullanılacak veri işleme kartlarının sağlaması istenen bazı özellikler [21],

1. Yüksek performans, OHT sistemlerinin en temel ihtiyacı istenen işlemin kısa zamanda yüksek bir performansla yapılmasıdır. Performans açısından son model 1 GHz çalışma frekansında bir DSP işaret işleme kartı H.264 HD videonun kodlamasını ve 10 kat daha karmaşık olan kodek çözme işlemini yapamazken, bir FPGA kartı ile bu işlem rahatlıkla yapılabilmektedir.
2. Esneklik ve kolay güncellenme, OHT sistemlerinin esnek ve istendiğinde donanım ya da yazılım olarak kolay güncellenme olanağına sahip olması istenir. Bu açıdan değerlendirildiğinde kullanıcı tarafında programlanabilen FPGA kartları önemli bir avantaja sahiptirler.

3. Düşük geliştirme maliyeti, normal bir ASIC 90 nm devre hücresinin silikon tabakaları, maske, model, tasarım doğrulamaları yaklaşık olarak 30 milyon dolar maliyet gerektirmektedir. Bu yüksek üretim ve geliştirme maliyetleri bazı donanım yapılarının gelişmesinin önünü tıkamaktadır [21]. Maliyet açısından değerlendirildiğinde DSP işaret işleme ve FPGA kartları tekrar programlanabilme ve ucuz maliyetlerin sayesinde birçok teknoloji geliştirme şirketi ve üniversite tarafından tercih edilmektedir.

OHT sistemleri tasarlanırken, en temel bileşenlerden olan işlem birimleri yukarıda sıralanan kriterler doğrultusunda değerlendirilmelidir.

2.4 OHT Algoritma ve Yöntemleri

OHT sistemleri, donanım yapısı, yazılımsal gereklilikler ve tasarlanan algoritmalar açısından büyük bir çeşitlilik göstermektedir. Bunlar arasında algoritma tasarımı OHT sisteminin başarımında birinci derecede rol oynar. Bu nedenle algoritmanın problemin yapısı ve işleyişine uygun şekilde seçilmesi gerekmektedir.

Algoritma tanım olarak, bir fonksiyon ya da işlemi işletmeye yarayan [22], iyi tanımlanmış talimat ve direktiflerden oluşan sonlu komutlar dizini şeklinde ifade edilen yöntemler basamağı olarak tanımlanır. OHT sisteminde temel blok ve alt modüller hiyerarşik önceliği, işleyiş ve genel talimatları içerir.

Tasarlanan algoritmaların, sisteme özgü olması sistem başarımını pozitif yönde etkilerken, diğer uygulamalar için algoritmanın optimizasyon gerekliliği doğurmaktadır. Bu durum tasarımcı ve kullanıcı için işlem yükü oluştururken diğer yandan sistemin dar bir çalışma alanı içinde kalmasına neden olmaktadır. Örneğin, görülebilir ışık sensörleri (visible domain sensors) ile elde edilen görüntülerin işlendiği bir sivil OHT sistemi ile havacılık elektronik sistemleri (avionic) ya da akıllı keşif ve gözetleme (Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance, ISR) sistemleri gibi güvenlik için tasarlanmış ve multi-sensor uygulamalı algoritmaların işletildiği askeri sistemlerin tasarım farkları içermesi doğaldır. Ancak bu farklılıkların mümkün olduğunca azaltılarak sisteme ait genel bir kullanım alanı yaratılması gerekmektedir.

Algoritmanın tasarlanması aşamasında probleme dayalı olma dezavantajını azaltmak için öteleme ile değişmezlik (shift-invariant), boyutla değişmezlik (scale-invariant), ve döndürme etkisinden bağımsızlık (rotationally invariant) parametreleri doğru ve güvenilir bir OHT algoritması için göz önünde bulundurulması gereken kriterlerdir [12].

Öteleme ile değişmezlik sorunu, tespit edilen nesnenin sınırları baz alınarak sadece nesneyi oluşturan pikseller üzerinden işlem yapılması suretiyle giderilebilir. Boyut normalizasyonu sağlamak için ise Affine Transformu kullanılarak sistemin bütün girdi matrislerinin aynı boyutta olması sağlanmaktadır. Boyut normalizasyonu OHT algoritmasında işlem karmaşıklığı ortadan kaldırılmayı amaçlamaktadır. Bu işlem algoritmanın verimliliği açısından önemlidir [12]. Diğer önemli bir sorun olan döndürme etkisinden bağımsızlık OHT algoritması için işlem karmaşıklığından çok algoritmasının doğru ve eksiksiz bir şekilde çalışmasını sağlama amacına yöneliktir. Aynı nesnenin farklı döndürme açılarında sisteme girdi olarak verilmesi olasılığına ya da sensörlerde dönme meydana gelmesi durumuna karşı, sistemin aynı nesneye ait farklı açılarda dönmüş görüntüleri algılayabilmesi gerekmektedir.

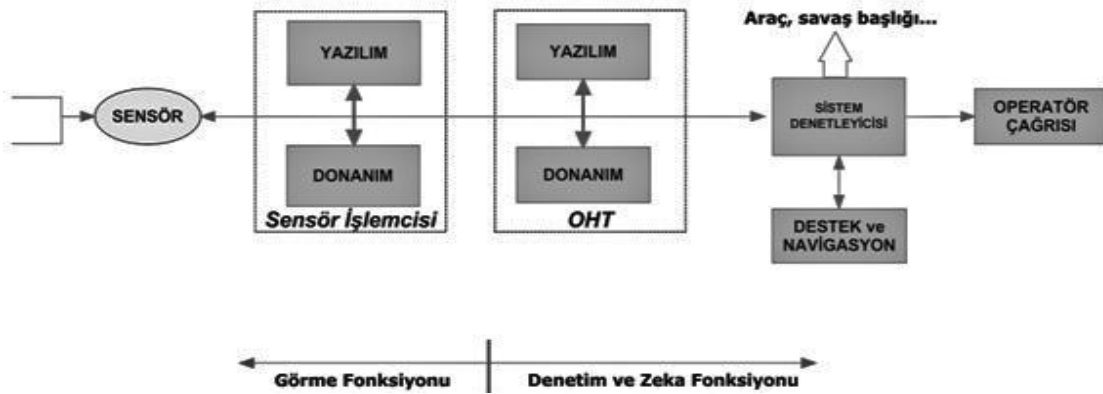
2.5 Sonuç

Bu bölümde OHT teknolojisiyle ilgili genel bir perspektif çizildi. Sistemi oluşturan elemanlar, sistem bileşenleri, sistem gereksinimleri ve donanım mimarisi incelendi.

İşlemci donanımı açısından, yüksek işlem gücü gerektirmeyen uygulamalar için DSP kartları ve düşük kapasitede FPGA kartları tercih edilebilirken, yüksek çözünürlüğe sahip görüntülerin işlendiği geniş kapsamlı sistemler için FPGA kartları ve gerekirse alt işlemleri yürütmeye yardımcı olabilecek paralel bir DSP kartı kullanılabilir.

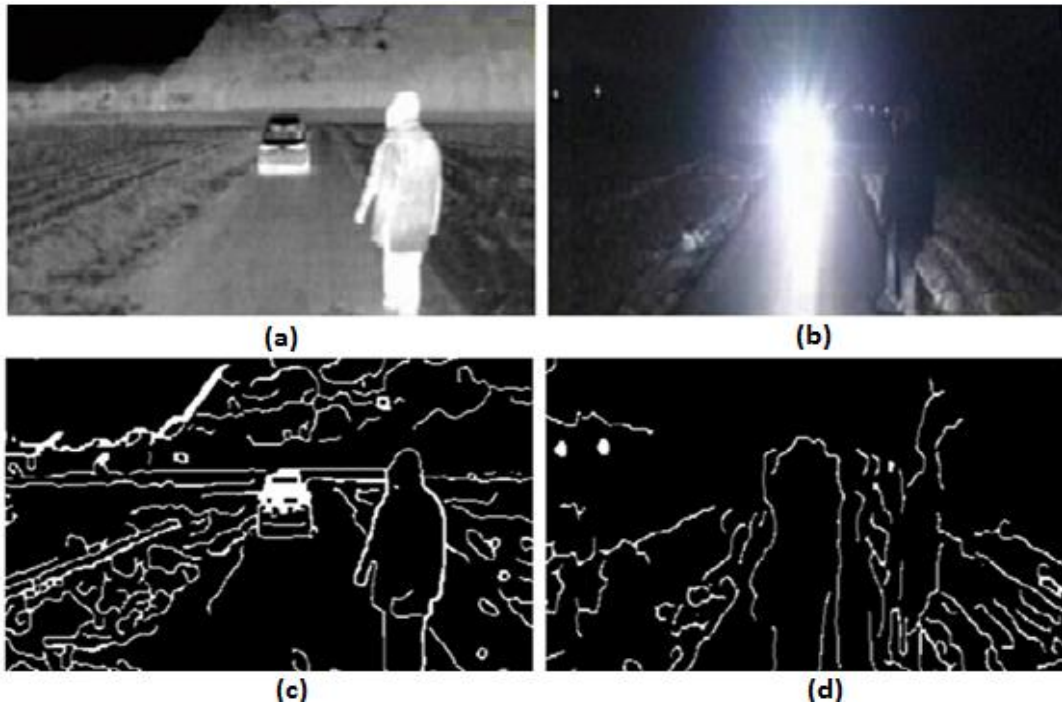
Yöntem ve algoritma tercihinin sistem üzerindeki önemli etkileri bulunmaktadır. Ayrıca görme fonksiyonlarının ile denetim ve zekâ fonksiyonlarının ayrı olarak değerlendirilmesi gerekliliği görüldü. Bu aşamada OHT sistemleri bütünsel bir bakış açısıyla değerlendirilmesi gerekliliği vurgulandı. OHT sistemler için donanım ve yazılım bütünselliğinin önemli bir tasarım kriteri olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Şekil 2.8'da bu ilişki şematik olarak belirtilmiştir. Bu kriterler açısından değerlendirildiğinde

donanım ve yazılımın mümkün olduğunca birbiri ile uyum içinde seçilmesi sistem başarımı için önemli bir unsurdur.



Şekil 2.8 OHT Donanım, yazılım, algoritma ilişkisi [7]

Sisteme ait başarımın önemli bir parametresi olan donanım tercihinde farklı sensör ve düzenekler sahip oldukları avantaj ve dezavantajlar yönünden değerlendirilmelidir. Bu yapıların yazılım başarımını da etkiledikleri görülmektedir. Sistemin ihtiyacı olan işlem kartları ve tercih nedenleri sistem mühendisliği yönünden incelenerek son uygulamalar üzerinden değerlendirilmelidir. Şekil 2.9’da verilen görüntüde donanım tercihlerinden kaynaklı değişimler açık bir biçimde görülmektedir.



Şekil 2.9 Sensör farklılıklarının test edilmesi (a) Gece görüşü kamerası görüntüsü, (b) görülür ışık bölgesi CCD sensör görüntüsü, (c) Gece görüşü kamerası, (d) CCD çıkış görüntüsü (c ve d şıklarında algoritma bölütleme kadar işletilmiştir).

OTOMATİK HEDEF TANIMA (OHT) SİSTEMLERİ VE GÖRÜNTÜ İŞLEME

OHT sistemlerinde kullanılan teknik ve yöntemler geliştirilen algoritmaya ya da probleme göre çeşitlilik göstermektedir. İlk olarak matematiksel, piksel temelli istatistiksel yöntemler üzerinden gelişmeye başlayan görüntü işleme teknikleri daha sonra bilgisayar ve biyoloji gibi alanlardan farklı algoritmaların geliştirilmesiyle daha geniş yöntemsel araçlar haline almıştır.

Bugün görüntü işleme ve dolayısıyla OHT sistem tasarımı genetik, fizik, matematik ve biyoloji gibi pek çok bilim dalına ait birçok algoritma ve yöntemin kullanıldığı geniş bir çalışma alanı haline gelmiştir [11], [12]. Diğer bilim alanlarından alınan algoritma ve teknikler özellikle görüntü işleme alanında önemli gelişmeler meydana getirmiştir.

3.1 Sayısal Görüntü İşleme

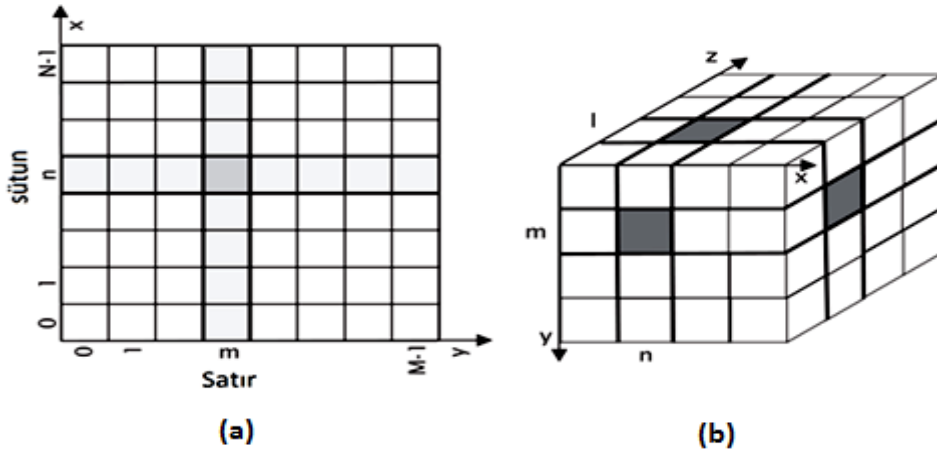
Görüntü sinyalleri genel olarak iki ya da üç boyutlu fonksiyonlar olarak tanımlanır. Uzamsal koordinat düzleminde (x, y, z) 3 boyutlu uzayı göstermek üzere, $f(x, y, z)$ fonksiyonu üç boyutlu bir görüntü matrisidir. Matris elemanlarının değerleri fonksiyonun genliği, yoğunluk değeri (intensity), ya da grilik seviyesi (gray level) gibi farklı adlarla tanımlanmaktadır. Bu değerler görüntünün elde edildiği ortamın ışık yoğunluğuna göre değişmektedir [1].

Görüntü olarak ifade edilen iki boyutlu ya da üç boyutlu sinyaller, doğada analog biçimde var olan, belirli bir bölgenin ışık yoğunluk değerleridir. Sayısal algılayıcı sistemler tarafından yoğunluk değeri (quantifying) ve konumlar sayısallaştırılarak (sampling) kaydedilip sayısal görüntü matrisleri elde edilir. Bu sayısal görüntü matrisleri sınırlı nicelikte olup belirli, sabit bir konum ve değere sahip olan görüntü

elemanlarından oluşur. Sayısal hale gelmiş bir görüntü, konum ve yoğunluk bilgisi (3-boyutlu görüntüler için hacim bilgisi) içeren elemanlardan oluşur.

Sayısal sinyallerin analog sinyallere üstünlük sağlayan en önemli özelliği sınırlı nicelikler içermesidir: Bu özellikleri sayesinde sayısal sinyaller hem donanım hem de yazılımsal olarak gerçeklemeye daha uygundur.

2B görüntüler için, matris bileşenlerine görüntü elementi ya da piksel (pixel) adı verilir. Üç boyutlu (3B) görüntülerde ise görüntü elemanları hacimsel boyut içermekte ve voksel (voxel) olarak adlandırılmaktadır [23]. Piksel ve voksel ifadeleri Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Piksel ve voksel matris gösterimi (a) 2B görüntü elemanı gösterimi (b) 3B görüntü elemanı gösterimi [23]

Aşağıda ifade edilen

$$f(x, y) = L$$

fonksiyonu (x, y) konumunda bulunan matris elemanın L genlik değerine sahip olduğunu ifade etmektedir. 8-bitlik sayısal sistemler için $L = 0, 1 \dots 255$ aralığında 256 değer alabilmektedir. Şekil 3.1'de görülen M, N değerleri ise matrislere ait boyut değerleri olup, çözünürlük değerine ait niceliklerdir. Görüntülerin çözünürlük değerleri sistemlerin ihtiyacına göre şekillenen bir parametredir (Bölüm 2'de detaylandırılmıştır). Görüntünün çözünürlük değeri görüntünün elde edildiği sensör çeşidinden kullanılan yöntem ve algoritmaya kadar birçok parametreye göre değişebilmektedir. OHT sistemleri için en ideal çözünürlük değerleri, sistemin işlem gücüne uygun ve sistem başarımını önemli ölçüde etkilemeyecek bir değerde seçilmelidir.

Sayısal görüntü işleme, elde edilen sayısal veriler üzerine uygulanan teknik, yöntem ve algoritmaların bütünü olarak tanımlanır. Sayısal görüntü işleme sistemlerinin etki alanı, insan gözünün algılama seviyesi olan görünür ışık bölgesiyle sınırlı değildir. Günümüzde hemen hemen tüm elektromanyetik ışık spektrumu sensörlerce algılanabilmektedir [1].



Şekil 3.2 Sayısal görüntülerde farklı çözünürlük örnekleri (a) 120×120 çözünürlüklü görüntü (b) 64×64 çözünürlüklü görüntü

Sayısal görüntü işleme alanı geniş bir perspektif içinde değerlendirilen ve üzerinde yoğunlukla çalışılan bir alandır. Bu aşamada sayısal görüntü işleme ile ilgili temel kavramlar detaylandırılmıştır. Sonraki bölümde ise OHT sistemleri açısından görüntü işleme ve görüntü işleme teknikleri daha ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

3.2 OHT Sistemlerinde Görüntü İşleme

Özellikle son yıllarda, gelişen bilgisayar teknolojilerinin sunduğu yüksek işlem olanakları ve paralel işleme yeteneği sayesinde verilerin eşzamanlı ve daha hızlı işlenebildiği sistemler tasarlanabilmektedir [18]. Bu gelişmelerle birlikte birçok alanda görüntü işleme teknik ve yöntemlerinin kullanıldığı OHT sistemleri yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Diğer bir yandan gelişen sensör teknolojileri sayesinde algılanabilir EM spektrum aralığı artmıştır [12]. Bu sensör donanımları ait oldukları sisteme önemli avantajlar sağlamakta ve sistemlerin başarımlarını önemli ölçüde etkilemektedir. Görüntü işleme alanında meydana gelen bir diğer gelişme ise çok katmanlı çözünürlüğe (multilayer-resolution) sahip görüntülerin elde edildiği donanım

yapılarının tasarlanmasıdır. Bu yapıların kullanıldığı OHT sistemlerinde klasik sistemlere nazaran yüksek başarımların elde edilmektedir [9].

Bu gelişmeler sayesinde yarı otonom bir şekilde ve sınırlı yöntemsel araçlarla gelişmeye başlayan OHT sistemleri daha geniş yöntem ve algoritmaların kullanıldığı ve görüntünün elde edilmesinden karar verme işlemine kadar bütün aşamaların otonom bir şekilde yapılabildiği geniş bir alan haline gelmiştir.

İncelenen çalışmalarda da görüldüğü üzere OHT sistemleri hiyerarşi açısından modüler olarak tasarlanmaktadır. Bu yaklaşım sayesinde modüllerin birbiri ile uygunluk ve optimizasyon işlemleri daha kolay bir şekilde sağlanmaktadır. Bu açıdan değerlendirildiğinde bu tez çalışmasında da tasarlanan OHT sistemi bir bütün olarak düşünülmeyle beraber tasarlanan modüllerin bloklar halinde gerçekleştirilmesi uygun görülmüştür. Şekil 3.3'te verilen şemada bütünsel olarak bir OHT sistemi ve bu sisteme ait 4 ana işlem bloğu görülmektedir.



Şekil 3.3 OHT sistemlerinde görüntü işleme blokları

OHT sistemlerinde kullanılan işlem basamakları yukarıda şematik olarak gösterilmiştir. Dört ana başlık altında verilen işlem blokları algoritma önceliklerine göre işletilerek elde edilen sonuçlar değerlendirilmektedir. Böylece sistem üzerinde gerekli görülen güncelleme ve optimizasyonlar bütün sistem üzerinde değil sadece ilgili modüler üzerinde yapılarak esnek bir yapı oluşturulmaktadır. Bu tasarım şekliyle OHT sistemlerinin problem odaklı tasarım dezavantajının [2] önemli ölçüde giderilmesi amaçlanmaktadır.

Bu bölüm boyunca OHT sistemlerinde kullanılan ve literatürde var olan çeşitli görüntü işleme ve istatistiksel yöntemler, OHT sistemlerinin işleyiş (4 ana işlem bloğu) çerçevesinde ayrıntılı olarak incelenecektir.

3.2.1 Görüntü İyileştirme

OHT sistemlerinde, görüntünün herhangi bir sensör vasıtasıyla alınmasından, sınıflandırma işleminin yapılmasına kadar çeşitli algoritma basamakları işletilmektedir. Bu işlemlerden görüntünün ön işlenmesi (image preprocessing) ve görüntü iyileştirme (image enhancement) aşamaları algoritmanın sorunsuz çalışması ve doğru karar vermesi açısından önemli olan iki işlem basamağıdır.

OHT sistemlerinin giriş olarak kullandığı veri ya da görüntüler, donanım ya da yöntemsel nedenlerden kaynaklanan bozucu etkilere maruz kalabilmektedir. Görüntü iyileştirmede temel amaç bu olası bozucu etkileri yok ederek sistemin hatalı kararlar vermesini önlemektir. Görüntü ön işleme ve iyileştirme işlemleri temel olarak aşağıda verilen bölüm ve alt başlıklar şeklinde incelenecektir.

1. Uzamsal Görüntü İyileştirme Teknikleri

- Logaritmik Dönüşüm
- Ortalama Alıcı Filtre
- Medyan Filtre
- Laplasyen Filtre
- Morfolojik Yöntemler
 - Genişletme ve Daraltma
 - Açma ve Kapama
- Görüntünün Boyut Normalizasyonu

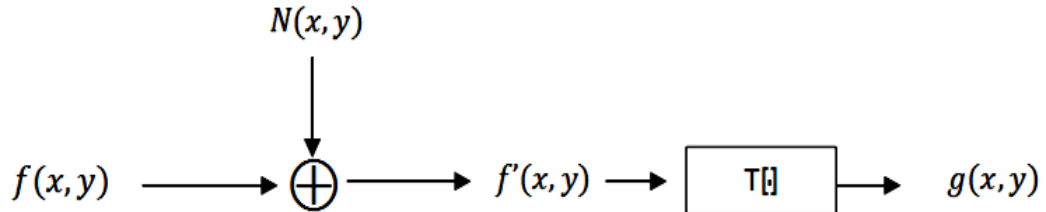
2. Frekans Ortamı Görüntü İyileştirme Teknikleri

- Yüksek Geçiren Filtreler
- Band Geçiren ve Band Durduran Filtreler
- Alçak Geçiren Filtreler

İki ana başlık altında incelenecek olan görüntü iyileştirme teknikleri probleme ve algoritmaya göre en uygun değerlendirmeler yapılarak seçilmektedir. Literatürde hem zaman hem de frekans ortamı görüntü iyileştirme yöntemleri sıklıkla kullanılmaktadır [7], [8]. Frekans ve zaman ortamı iyileştirme teknikleri birçok OHT sisteminde birlikte kullanılarak daha iyi sonuçlar elde edildiği gözlenmektedir [2].

3.2.1.1 Uzamsal Görüntü İyileştirme Teknikleri

Görüntünün uzamsal koordinatlarda tanımlı piksellerin değerleri üzerinde çeşitli işlemler uygulanarak yapılan görüntü iyileştirme yöntemidir. Genel bir ifadeyle $f(x, y)$ giriş görüntü matrisi ve (x, y) uzamsal koordinatları göstermek üzere



Şekil 3.4 Giriş görüntüsünün işlenmesinin şematik gösterimi [1]

ifadesinde $N(x, y)$ işareti gürültü sinyali ve T dönüşüm matrisi, $g(x, y)$ çıkış görüntü matrisi ve $f'(x, y)$ bozucu bir sinyale maruz kalmış giriş görüntüsünü göstermektedir. Önceden belirlenen bir amaç için tasarlanmış olan T dönüşüm işlemiyle $f'(x, y)$ giriş matrisinin pikselleri üzerinde aşağıdaki matematiksel bir dönüşüm işlemi yapılmakta

$$g(x, y) = T[f'(x, y)] \quad (3.1)$$

ve işlemin sonucunda $g(x, y)$ çıkış görüntü matrisi elde edilmektedir. $f'(x, y)$ sinyalinde görüldüğü gibi yapay ya da doğal gürültü etkileri orijinal sinyallerin üzerinden bozucu etkiler yaratabilmektedir. $f'(x, y)$ sinyali üzerinde yapılan işlemde temel amaç sistemin $g(x, y)$ çıkış sinyalini mümkün olduğunda $f(x, y)$ görüntüsüne yakın olarak elde edebilmektir.

T dönüşüm işlemi sayısal görüntü işlemede ve OHT sistemlerinde problemlere özgü geliştirilen değişken ifadelerdir. OHT sistemlerinde yaygın olarak kullanılan T matematiksel dönüşüm ifadeleri; logaritma fonksiyonu, eşik seviyesi, ortalama alıcı şablon, medyan filtre, kenar belirleyici gibi çeşitli amaçlar için kullanılan işlemlerdir. Bu işlemlerden sıklıkla kullanılan yöntemler ayrıntılı olarak anlatılacaktır.

3.2.1.1.1 Logaritmik Dönüşüm

Piksel tabanlı görüntü iyileştirme yöntemlerinden ilki her piksel değerinin logaritma değerini çıkış olarak veren logaritmik dönüşüm fonksiyonudur [1]. Aşağıda ifade edilen,

$$g(x, y) = c * \log(1 + f(x, y)) \quad (3.2)$$

işleminde c probleme göre değer alan skaler bir sabit, $f(x, y)$ ve $g(x, y)$ ise giriş ve çıkış görüntü matrislerini göstermektedir.

3.2.1.1.2 Ortalama Alıcı Filtre

Görüntüye uygulanan ortalama alıcı filtre, etkili olduğu bölgede bulunan pikselleri toplayarak elde edilen toplamın ortalama değerini etkili olduğu bölgenin merkezinde bulunan pikselin yeni değeri olarak yazmaktadır. Bu işlem (3.3)'de gösterilmiştir [1].

$$R = \frac{1}{9} \sum_{i=1}^9 z_i \quad (3.3)$$

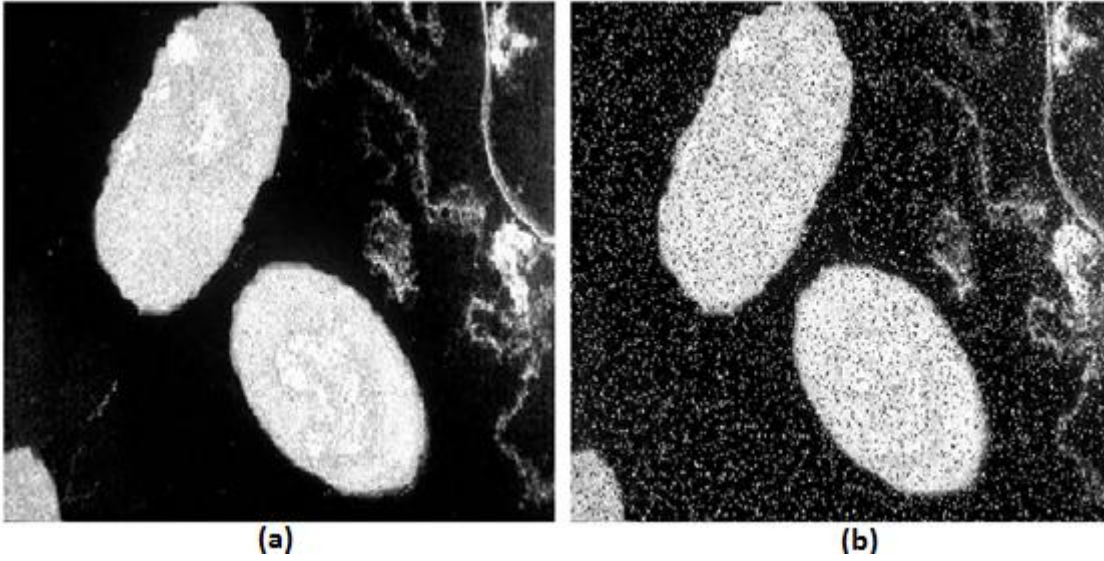
$$R = \frac{1}{9} \times \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.4)$$

R matrisi (3.4) ile giriş görüntü matrisi konvolusyon işlemine tabi tutulduğunda çıkış görüntüsü giriş görüntüsünün ortalama alınmış haline dönüşecektir. Bu işlem görüntülerin daha yumuşak geçişlere sahip olmasını sağlamaktadır. Diğer bir ifadeyle bu alçak geçiren filtre etkisi ile keskin geçişler yok edilmektedir. Maske büyüklüğü ile doğru orantılı olacak şekilde filtrenin yumuşatma etkisi artmaktadır.

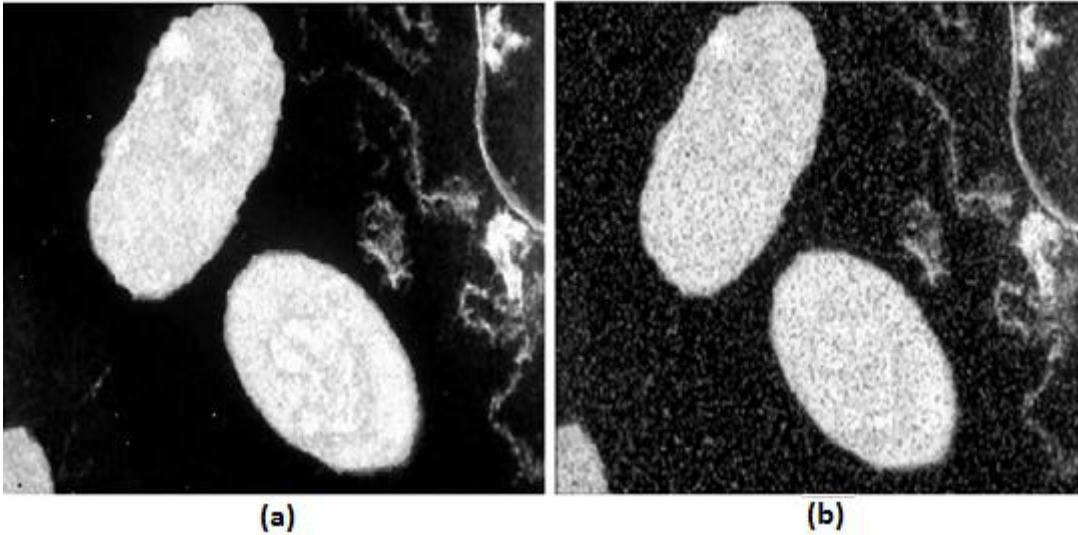
3.2.1.1.3 Medyan Filtre

Medyan filtre, görüntülerin üzerinde istenmeyen tuz ve biber (salt and pepper) gibi gürültü etkilerinin yok edilmesini sağlayan doğrusal olmayan bir filtre çeşididir [23]. Bu tür gürültüler ortalama alıcı filtreler kullanılarak da temizlenebilmekte ancak bu durumda görüntü bulanıklaşmakta ve ayrıntılar kaybolmaktadır. Medyan filtrelerin en önemli avantajı bulanıklaştırma, ayrıntı kayıpları gibi etkilere neden olmadan görüntü üzerindeki impuls karakteristiğine sahip gürültüleri gidermeleridir. Bu nedenle ortalama alıcı filtreye göre daha çok tercih edilmektedir.

Medyan filtreler etkili oldukları bölgede bulunan piksellerin ortalamalarını almak yerine, (ortalama alıcı filtreden farklı olarak) piksel değerleri içindeki ortanca sayıyı bulmakta ve yeni değer olarak kullanmaktadır. Filtrenin boyutu 3x3, 1x3 ya da 3x1 matris ve vektörler gibi farklı uygulamalara göre değişen değerler almaktadır. Bu işlem bütün görüntü matrisi boyunca tekrar edilerek işlem tamamlanmaktadır. 3x3 boyutunda bir medyan filtre ve ortalama alıcı filtreden elde edilen sonuçlar aşağıda Şekil 3.5'te ve Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3.5 Pertussis bakterisi test görüntüleri (a) Pertussis bakterisinin elektron mikroskopundaki orijinal görüntüsü (b) Pertussis bakterisinin görüntüsüne tuz-biber gürültüsü eklenmiş hali



Şekil 3.6 Pertussis bakterisi test görüntülerinin filtrelenmesi (a) Pertussis bakterisinin gürültünün medyan filtre ile giderilmesi (b) Pertussis bakterisinin gürültünün ortalama alıcı filtre ile giderilmesi

3.2.1.1.4 Laplasyen Filtre

Laplasyen filtreler, piksel farklılıklarından yararlanarak ayrıntıları belirginleştiren ve bulanık görüntülerde keskinleşme sağlayan uzamsal filtrelerdir. Bu işlem ikinci türev alıcı olarak işlem görmekte, pikseler arasındaki keskin geçişleri yani yüksek frekans bileşenlerini belirgin hale getirmektedir.

$f(x, y)$ giriş görüntü matrisi olmak üzere, x ve y uzamsal boyutları üzerinden

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} = f(x+1, y) + f(x-1, y) - 2f(x, y) \quad (3.5)$$

$$\frac{\partial^2}{\partial y^2} = f(x, y+1) + f(x, y-1) - 2f(x, y)$$

2.dereceden türev işleminin sonucunda

$$\nabla^2 f(x, y) = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} = g(x, y) \quad (3.6)$$

laplasyen işleminde (3.5) ve (3.6) ifadeleri yerlerine yazılarak

$$\nabla^2 f(x, y) = f(x+1, y) + f(x-1, y) - 4f(x, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1) \quad (3.7)$$

ifadesi elde edilir [1]. (3.7) denklemi uzamsal koordinatlarda 3×3 bir matris

$$g(x, y) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

şeklinde ifade edilebilir. Bu şablon ile filtrelenecek istenen görüntünün konvolusyon işlemine tabi tutulduğunda görüntünün laplasyeni alınmış olunacaktır. Bu işlemde elde edilen çıkış, ayrıntıları belirginleşmiş, keskinleştirilmiş bir görüntü matrisidir.

Laplasyen filtre, görüntü işleme uygulamalarında yaygın olarak kullanılan basit ve kullanışlı bir filtredir. OHT sistemlerinde ön-işleme, bölütleme (segmentasyon) ve özellik çıkartma alanlarında sıklıkla kullanılan yaygın işlemidir. Laplasyen filtrenin ön-işleme aşamasında kullanıldığında bölütleme ve sınıflandırma işlemlerinde önemli avantajlar sağladığı gözlemlenmiştir.

3.2.1.1.5 Morfolojik Yöntemler

Şekil, biçim anlamına gelen morfoloji, matematik ve biyoloji gibi bilim dallarında kullanılan küme teorisini temel alan bir yöntemdir. Görüntü işlemede matematiksel morfolojik (MM) işlemler; bir görüntü içindeki şekil ve bölgelerin, iskelet ile sınırların belirlenmesi ve/veya tespitinde ya da morfolojik filtreleme denilen; şekillerin inceltilmesi, kırılması (pruning) gibi iki temel amaç için kullanılmaktadır. OHT sistemlerinde daha çok ön işleme ve iyileştirme aşamalarında kullanıldığı gibi farklı algoritalarda bölütleme ve sınıflandırma aşamalarında da kullanılabilir.

MM işlem kullanılarak görüntülerde istenen ayrıntı ve bölgelerin belirginleşmesi sağlanır (nokta, kenar, çizgi tespiti, kenar birleştirme, sınır tespiti, eşik belirleme vb.). Örneğin herhangi bir çizgide ilerlemesini istediğimiz nesne, yol analizini görüntülerden yaparken rota dışındaki ayrıntılar önemsiz olmakta bundan dolayı ilgilenilmeyen bölgedeki ayrıntılar yok edilmektedir (kırılması, daraltma).

MM görüntü işleme tekniği, temel olarak ikili seviye (1-0) görüntülerde kullanılmaya başlanmış daha sonra kullanım alanları genişlemiş ve gri seviye görüntülerde de kullanılmıştır. İkili seviye MM’de kullanılan temel fonksiyonlar, genişletme (dilation), daraltma (erosion), açma (opening) ve kapama (closing)’dır [1]. Açma ve kapama işlemleri temel işlemler olan genişletme ve daraltma işlemlerinden türetilmiştir. Gri seviye MM görüntü işleme ise tezin bölütleme aşamasında kenar belirleme [24] için kullanılmış ve bahsi geçen bölümde ayrıntılı olarak incelenmiştir.

3.2.1.1.5.1 Genişletme ve Daraltma

Genişletme ve daraltma işlemleri, MM görüntü işlemede kullanılan iki temel fonksiyondur. A ve B matrisleri Z^2 uzayında tanımlı olmak üzere genişletme işlemi

$$A \oplus B = \{z | (\hat{B})_z \cap A \neq \emptyset\} \quad (3.8)$$

daraltma işlemi ise,

$$A \ominus B = \{z | (\hat{B})_z \subseteq A\} \quad (3.9)$$

şeklinde tanımlanır. Farklı uygulamalara göre çeşitli matrisi şablonlarını içeren B matrisi yapısal element (YE) ya da Structural Element (SE) olarak tanımlanmaktadır [1].

Genişletme işleminde B ile kesişim kümesinin sıfırdan farklı değerleri için fonksiyon çıkış verirken, (3.8) daraltma işleminde fonksiyonun çıkış verebilmesi için B matrisindeki elemanların görüntünün alt kümesi olması gerekmektedir. 3x3 boyutuna sahip bir YE için genişletme işlemi,

$$I_D(m,n) = \begin{cases} 0, & I_c = 0 \\ 1, & \text{diğer durumlar} \end{cases} \quad I_c = B \times I \quad (3.10)$$

daraltma işlemi ise,

$$I_E(m,n) = \begin{cases} 1, & I_c = 9(\text{YE'in boyutunun karesi}) \\ 0, & \text{diğeri} \end{cases} \quad I_c = B \times I \quad (3.11)$$

şeklinde uygulanmaktadır. Genişletme ve daraltma işlemi görüntü işlemede yaygın olarak kullanılan iki yöntemdir. Gri seviye genişletme ve daraltma işlemi tasarlanan OHT algoritmasında bölütleme aşamasında kullanılmıştır.

3.2.1.1.5.2 Açma ve Kapama

Açma işlemi, bağımsız piksel gruplarının ve çıkıntı oluşturan kısımların ayıklanması, yok edilmesi için uygun bir yöntemdir. Sırasıyla önce daraltma işlemi ile istenmeyen parçalar yok edildikten sonra genişletme işlemiyle görüntünün fazla bozulması önlenir [1].

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B \quad (3.12)$$

Kapama işlemi ise aşağıda tanımlandığı gibi giriş görüntüsüne önce genişletme daha sonra daraltma işlemi yapılarak uygulanır. Önce genişletme işlemi yapılarak görüntü üzerinde olası bağımsız piksel grupları ve kopukluklarının kaybolması sağlanmakta daha sonra daraltma işlemiyle oluşabilecek görüntü bozulma ve fazlalıkların giderilmesi sağlanır [1].

$$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B \quad (3.13)$$

Açma ve kapama işlemleri MM görüntü işlemede yaygın kullanılan işlemlerdir. Tasarlanan OHT algoritmasında kenar belirleme ve bölütleme aşamalarında kullanılmıştır. Yöntemin hızlı ve düzgün sonuçlar verdiği önemli bir avantajdır. Açma ve kapama ve diğer matematiksel morfolojik işlemler hızlı ve basit bir işlem olmasından dolayı görüntü işleminin çeşitli aşamalarından yaygın olarak kullanılmaktadır [24].

3.2.1.1.6 Görüntünün Boyut Normalizasyonu

Görüntü iyileştirme işlemlerinden bir diğeri çeşitli boyutlarda elde edilen görüntülerin büyütülmesi ya da küçültülmesi işlemidir. Küçültme işlemi daha çok işlem yükünü azaltmak için kullanılırken boyut büyütme işlemi matrisin içerdiği bilgilerin daha anlaşılır hale gelmesi sağlamak için uygulanmaktadır. Bu çalışmada görüntünün boyut değişimi (resize) işlemi yapmak için Affine Transformu (AT) uygulanacaktır.

$$\begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{bmatrix} = A \times \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} + B \quad (3.14)$$

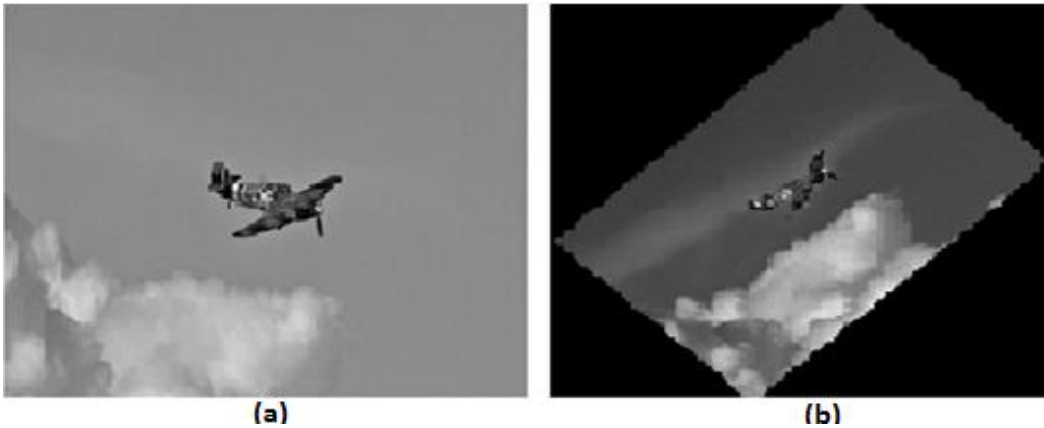
Geometrik tabanlı bir işlem olan AT, 3 boyutlu durum için (3.14) ifadesinde tanımlanan A ve B matrisleri ile ifade edilen bir işlemidir. Görüntü elde edilirken oluşan sensör bozuklukları, kamera perspektif kayıpları gibi geometrik sorunlar için geliştirilen bazı görüntü işleme algoritmalarında sıklıkla kullanılan bir operatördür. Matrisler

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & 0 & 0 \\ 0 & b_{22} & 0 \\ 0 & 0 & c_{33} \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Görüntünün boyutunu büyütme için $a_{11}, b_{22}, c_{33} > 1$

Görüntünün boyutunu küçültme için $a_{11}, b_{22}, c_{33} < 1$

şeklinde tanımlanmaktadır [23]. A ve B matrisleri yukarıda verilen şablonlardan farklı olarak, homojen olmayan ölçeklendirme (scaling ve shearing), döndürme, taşıma gibi amaçlar için kullanılmaktadır. Aşağıda Şekil 3.7'de AT uygulanarak döndürme işlemi yapılmış test görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.7 Test görüntüsü üzerinde AT uygulanması (a) Test uçak görüntüsü (b) Görüntünün 45 ° saat yönün tersi döndürülmesi

3.2.1.2 Frekans Ortamı Görüntü İyileştirme Teknikleri

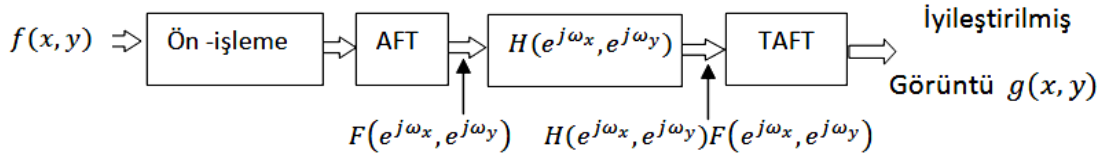
Sayısal ya da analog görüntü işleme alanlarında görüntülerin frekans bileşenlerinin incelenmesi bazı uygulamalarda çeşitli avantajlar sağlamaktadır. Fourier analizi, sinyallerin frekans ortamına taşınmasını sağlayan bir yöntemdir. Aşağıda ayrık bir görüntünün 2-boyutlu Fourier dönüşümü gösterilmiştir [25].

$$F(e^{j\omega_x}, e^{j\omega_y}) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \sum_{m=-\infty}^{\infty} f(n, m) e^{j(\omega_x n + \omega_y m)} \quad (3.15)$$

(3.15) ifadesindeki işlem yoluyla 2-boyutlu sayısal sinyaller frekans uzayına taşınmaktadır. Bu işlem AZFD (ayrık zaman Fourier dönüşüm) olarak adlandırılır. Diğer bir ifadeyle 2-boyutlu AZFD'ü görüntü sinyallerini, frekans ortamında sürekli ve periyodik olmayan sinyaller (frekans spektrumları) şeklinde ifade etmektedir [25]. AZFD Fourier analizinin terslenebilir özelliği sayesinde frekans ortamında sinyale filtrelemeler ya da diğer görüntü işleme teknikleri uygulandıktan sonra (3.16)'da verilen,

$$f(n, m) = \frac{1}{NM} \sum_{n=0}^{N-1} \sum_{m=0}^{M-1} F(e^{j\omega_x n}, e^{j\omega_y m}) e^{j\omega_x n} e^{j\omega_y m} \quad (3.16)$$

ters ayrık zaman Fourier dönüşümü formülüyle ile tekrar olarak zaman ortamında ifade edilebilmektedir [25].



Şekil 3.8 Frekans ortamında görüntü iyileştirme [1]

şekil 3.8'de bloklar halinde ifade edilen frekans ortamı görüntü işleme şemasında gösterildiği üzere ön-işleme aşamasında gerekli görüldüğü takdirde görüntü matrisleri frekans ortamında ifade edilmektedir. Elde edilen görüntünün frekans ortamı ifadesi uygulanacak işleme ait birim dürtü frekans cevabı $H(e^{j\omega_x}, e^{j\omega_y})$ ile çarpılarak görüntünün frekans bileşenleri üzerinde istenen işlemler yapılmaktadır. Frekans ortamında yapılan çarpma işlemi zaman ortamı konvolusyon işlemine karşılık gelmektedir [1].

Frekans ortamında sık uygulanan filtreler: Yüksek Geçiren, bant geçiren, çentik ve alçak geçiren filtreler şeklinde sıralanabilir.

Zaman ortamı görüntü iyileştirme tekniklerinden farklı olarak frekans ortamı görüntü iyileştirme teknikleri, zaman ortamında görülmesi mümkün olmayan ve müdahale edilemeyen frekans bileşenlerini görselleştirmektedir. Böylece zaman ortamında yapılamayan pek çok işlem, frekans ortamında kolaylıkla yapılabilmektedir.

3.2.1.2.1 Yüksek Geçiren Filtreler

Yüksek geçiren filtreler, yüksek frekans bölgelerini büyük bir oranda geçiren diğer frekans bileşenlerini ise bastırarak ayrıntıların görüntü üzerinde daha çok belirginleşmesini sağlayan filtrelerdir. İdeal yüksek geçiren, Gausyan yüksek geçiren, Laplasyen yüksek geçiren filtreler gibi çeşitleri bulunmaktadır [1].

3.2.1.2.2 Bant Durduran ve Bant Geçiren Filtreler

Belirli alçak kesim frekansı ile yüksek kesim frekansı aralığında bulunan frekans bileşenlerini bastırma ya da sadece o frekansları geçirme karakteristiğine sahip filtrelerdir. Özellikle görüntülerin ön-değerlendirme ve optik düzenek süzgeçlerinde kullanılarak istenmeyen frekans bileşenlerinin bastırılması ya da geçirilmesi için kullanılabilir.

3.2.1.2.3 Alçak Geçiren Filtreler

Düşük frekans bölgelerindeki frekansları geçiren diğer frekans bölgelerini büyük çoğunlukla bastıran filtrelerdir. Gausyan filtreler, Butterworth filtreler alçak geçiren filtrelere örnektir.

Alçak geçiren filtreler ayrıntıların kaybolmasına, görüntünün bulanıklaşmasına neden olabilmektedir. Algoritmaların bazı aşamalarında görüntünün hem yumuşak geçişlerini belirginleştirmesi hem de kenar bilgilerine büyük oranda koruması istenebilir. Bu gibi durumlarda alçak geçiren filtrelerin yerine izotropik olmayan yayılım filtreleri daha iyi sonuçlar vermektedir [2], [26], [27]. Aynı şekilde daha önce anlatılan uzamsal görüntü iyileştirme tekniklerinden medyan filtre ile yapılan filtrelemeler de izotropik olmayan yayılım filtreleri gibi yüksek frekans bölgelerinin kaybolmasını önlemektedir.

3.2.2 Görüntünün Bölütlemesi (Segmentation)

Bölütleme ya da segmentasyon, görüntünün benzer özellik ve niceliklere göre bölünmesi ya da ayrılması işlemi olarak tanımlanır [28]. Benzer özellikler, monokrom görüntüler için aydınlık seviyeleri, renkli görüntülerde renk bileşenleri olabilmektedir. Ayrıca dokular (texture) ve kenarlar da bölütlemeye kullanılan özelliklerdir [28].

Görüntü bölütleme, ilgilenilen görüntü alt bölgelerinin ayrıştırılıp, bu bölgelerden algoritmanın ilgili basamaklarında kullanılacak özellikler çıkarılmasıdır. Bölütlemenin doğru ve başarılı bir şekilde yapılabilmesi bütün sistemin başarımını doğrudan etkilemektedir. Başarılı bir bölütleme işlemi özellikle otonom sistemlerde sistem yükünü azaltan ve başarım oranını artıran önemli bir ölçüttür. Bununla beraber bölütleme için kabul edilen bir standart teori bulunmamaktadır [28]. Bu nedenle uygulamaya, probleme ya da algoritmaya göre farklı bölütleme teknikleri kullanılabilir. Bu bölütleme tekniklerinden bazıları

1. Genlik Temelli Bölütleme
 - Histogram Yöntemi
2. Bölge (region) Temelli Bölütleme
 - Bölge Genişletme (Region Growing)
 - Bölge Bölme ve Birleştirme (Region Splitting and Merging)
3. Sınır (boundary) Temelli Bölütleme
4. Doku (texture) Temelli Bölütleme
5. Bölüt etiketleme yöntemi ile bölütleme

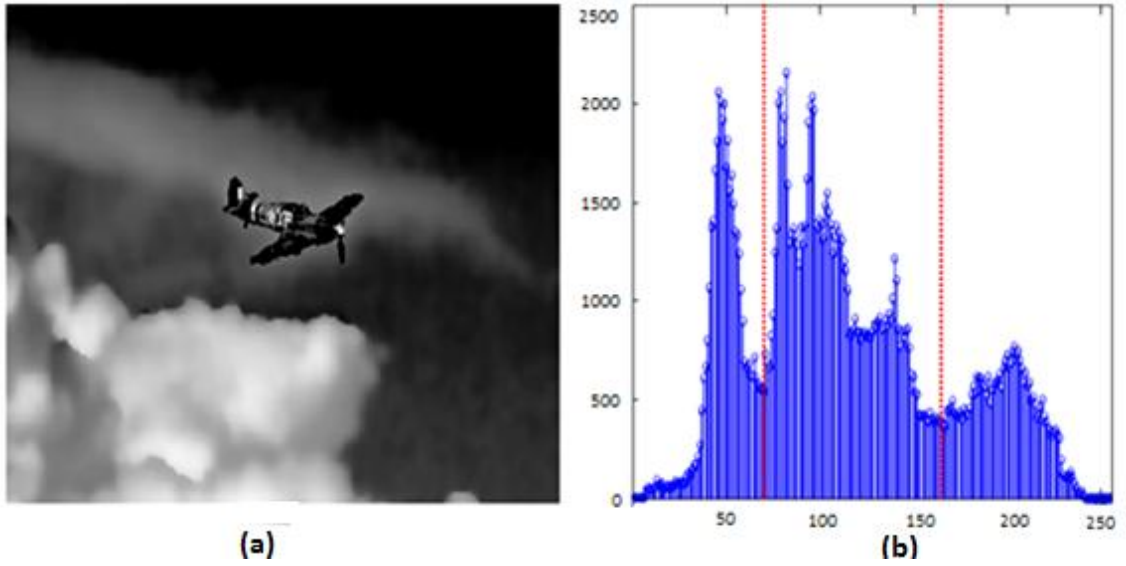
şeklinde ana başlıklar halinde yaygın olarak kullanılan bu teknikler gruplandırılabilir.

3.2.2.1 Genlik Temelli Bölütleme

Bu yöntem, histogram temelli bölütleme, genlik izdüşümü yöntemi ile bölütleme, gri seviye görüntülerde parlaklık eşik değeri yöntemiyle bölütleme, renkli görüntüler için kullanılan renklerin parlaklık değerlerine göre incelendiği bölütleme yöntemlerini içerir. Temel yoğunluk temelli bölütlemenin en önemli sorunu çok sayıda alt bölge elde etmesidir [29]. Bu yöntemin en büyük dezavantajlarından biridir.

3.2.2.1.1 Histogram Yöntemi

Histogram, bir görüntünün içerdiği parlak değerlerinin tekrar sıklıklarına göre sıralandığı istatistiksel bir ifade olarak tanımlanır [1]. Görüntüler için ön görülebilen kesin bir değer olmayıp görüntüden görüntüye değişen tamamen stokastik bir değerdir [28]. Görüntüler elde edilirken bölge ve nesnelere doğaları gereği benzer ya da yakın genlik değerlerine sahip olabilmektedir. Bu özellikten dolayı benzer genlik bölgeleri oluşmakta böylece arka plan ve nesnelere eşik değeri yardımıyla birbirinden ayrılabilir. Aşağıda Şekil 3.9'de histogram eğrisi sayesinde farklı bölgelere ayrılmış bir test görüntüsü görülmektedir.



Şekil 3.9 Histogram bölütlemesi (a) Histogram yöntemiyle bölütleme (b) Görüntünün histogram yöntemi ile 3 bölgeye (uçak, bulut, arka plan) bölütlenmiş hali

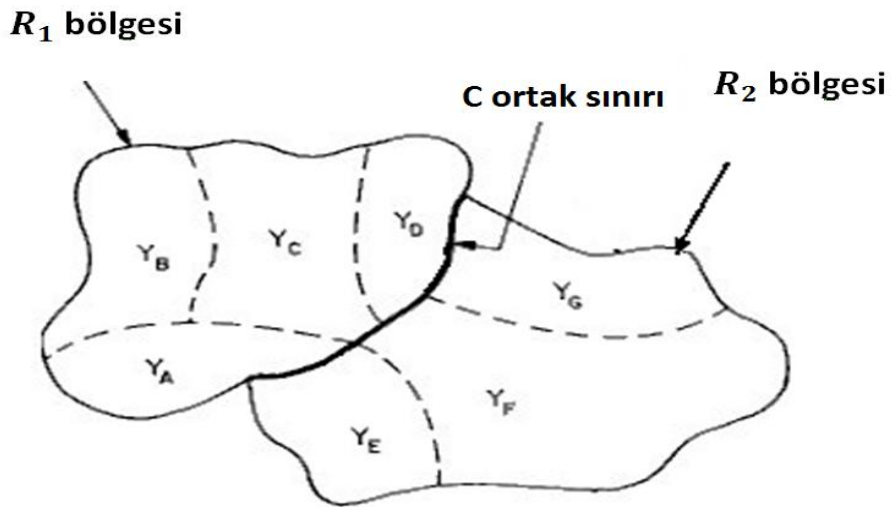
3.2.2.2 Alan Temelli Bölütleme

Bu yöntemde çeşitli algoritmalar kullanılarak görüntü küçük alanlara ayrılmakta, bu alanlardan görüntü içindeki benzer olanların tespit edilerek bölütleme işlemi yapılmaktadır. Benzerlik olarak alınan ölçüt alt yöntemlerde değişiklik göstermektedir.

3.2.2.2.1 Bölge Genişletme (Region Growing)

Bölge genişletme, temel ve basit bir yaklaşımla Brice and Fenema [30] tarafından uygulanmıştır. İlk aşamada aynı genlik seviyesine sahip herhangi iki piksel çifti gruplandırılarak atomik bölge olarak adlandırılır. Daha sonra atomik bölgelerin

arasındaki atomik sınır olarak adlandırılan sınırlardan en düşük değerde olanı tespit edilir. Aşağıda Şekil 3.10'da gösterilen R_1 ve R_2 daha önceki iterasyonlarla aynı alana dâhil edilen ve ilk alan büyütme işlemlerinde daha büyük bir alan içine dahil edildiklerinden farklı genlikli atomik alanların oluşturduğu büyütülmüş alanlardır. ε_1 önceden tespit edilen ve iterasyona özgü bir sabit olmak üzere, Şekil 3.10'da gösterilen C iki ana bölgenin ortak sınırını göstermekte D ise C sınırı boyunca genlik farklılığı bulunan Y bölgelerinin uzunluklarının ε_1 değerinden küçük olan parçalarının uzunluklarını göstermektedir. D değeri tespit edildikten sonra;



3.10 Bölge büyütme yöntemi şekilsel gösterimi

$$\frac{D}{\text{MIN}(R_1, R_2)} > \varepsilon_2 \quad (3.17)$$

işlemlerle ε_2 tespit edilmekte ve ifadesinin doğrulandığı durumda R_1 ve R_2 bölgeleri birleştirilecektir [28]. Bu aşamalar devam ettirilerek birbirine benzerlik gösteren optimum bölgeler tespit edilerek bölge büyütme işleminin sonlandırılır. İkinci basamak olarak ilk basamakta zayıf sınıra sahip bölgelerin birleştirilir [28].

$$\frac{D}{C} > \varepsilon_3 \quad (3.18)$$

ifadesinin doğrulandığı durumda bölgeler tekrar birleştirilmektedir. Yöntem pratikte küçük nesne ve bölgelerin fazla olduğu görüntülerde fazla etkili olmadığı ve bu durumlarda işlem karmaşıklığı içermektedir [2], [30]. Ayrıca bölge genişletme yöntemi herhangi iki piksel çiftinden başlayarak atomik bölge farklılıkları üzerinden çalıştığı için

önceden pozisyonu bilinen nesnelere ve bölgelerin bölütlenmesinde daha etkili sonuçlar vermektedir [2].

3.2.2.2 Bölge Bölme ve Birleştirme (Region Splitting and Merging)

Bütün görüntü daha küçük bölgelere ayrılmakta, bir ağaç yapısı içinde bütünü oluşturan parçalar şeklinde değerlendirildikten sonra benzerlik ölçüsünde nesne ve bölgeler tespit edilmeye çalışılmaktadır. Yöntemin doğru ve kabul edilebilir sonuçlar verebilmesi için görüntünün mümkün olduğu kadar küçük parçalara ayrılabilir olması gerekmektedir. Yöntemin bu dezavantajı yüksek karmaşıklık ve işlem kalabalığına neden olmaktadır.

Görüntü birleştirme işlemi temel amaç olarak komşu bölgelerin birleştirilmesi esasıyla yanlış sınır bölgelerinin elenmesidir [29]. Başlangıç noktası olarak alınacak bir bölgenin eşik değeri değerlendirilmesine göre elde edilen R_i bölgesinin

$$P(R_i) = \text{doğru} \quad (3.19)$$

şartını sağlaması gerekmektedir. Daha sonra komşu bölgenin birleştirilmesi ile elde edilen birleşik bölgenin aşağıda verilen birleşik şartı sağlamasına durumunda,

$$P(R_i \cup R_j) = \text{yanlış} \quad (3.20)$$

bölgelerin benzer olmadığı, aksi durumda ise bölgenin benzer olduğu ve birleştirilmesi kararının verileceği anlaşılmaktadır. Görüntünün bütünü için aynı işlem birkaç defa tekrarlanarak işlem tamamlanmaktadır.

Bölge bölme işlemi ise kayıp sınır bölgelerinin farklı nesnelere ait bölgelerin bölünmesi esasıyla yapılmaktadır. Bu işlem için (3.19) ifadesinin bir başlangıç bölgesi için yanlış olması ve daha sonra (3.20) ifadesinin doğruluğu sınanarak aynı şekilde işlemin bütün görüntü üzerinde tekrarlanması ile yapılır [29].

3.2.2.4 Sınır Temelli Bölütleme

Görüntü üzerinde süreksizlik noktalarının tespitine dayanan bölütleme yöntemleridir. Bu süreksizlikler arasında en çok kullanılan: kenar (edge) ve şerit (ridge) temelli bölütleme yöntemleridir. Şerit temelli yöntemde yerel maksimumların takip edilmesi

esasıyla hareket edilir. Bütün bir şeklin küresel olarak süreksizlik noktalarının belirlenmesi sınır belirleme; yerel olarak bir nesne veya bölgenin süreksizlik noktalarının tespiti ise kenar belirleme olarak adlandırılır.

3.2.2.5 Doku (Texture) Temelli Bölütleme

Doku temelli bölütleme yöntemi tezin konusu dışında olan doku ölçüm yöntemlerinden herhangi biri seçilerek görüntünün doku analizi yapılması ile yapılır. Bu yöntemde bütün görüntü pikselleri üzerinden ölçülen doku değerleri içinden iri kısımların (coarseness) değişimi üzerinden benzer bölge ve nesne ayrımı yapılır [28].

3.2.2.6 Bölüt Etiketleme Yöntemi ile Bölütleme

Görüntü bölütlemeye temel amaç görüntü içinde bağımsız olarak konumlanan piksellerin belirli özelliklerinden yola çıkılarak kümelenmesi ya da etiketlenmesidir. Bölüt etiketleme yönteminde de görüntü üzerinde daha kısa ve kesin yüzey segmentleri oluşturulur [28]. Bunu için gerekirse yüzey doldurma işlemi yapılabilir [28]. Yüzey takibi bir diğer etiketleme yöntemi olarak kullanılabilir. Ayrıca sınırları belirlenen bir yüzeyin kenar pikselleri zincir kodlaması yöntemi ile bir sayı dizisi halinde kodlanabilmektedir [1].

Zincir kodlaması yönteminin dairesel özelliğinden yararlanılarak, yöntem hem özellik çıkarma kısmında hem de algoritmanın sınıflandırma kısmında kullanılmıştır. Özellik çıkarma aşamasında, ayrıştırılan bölgelere verilen etiketleme sayesinde birbiri ile ilişkisi olmayan ve potansiyel hedef olma özelliği taşıyan piksel gruplarının matris halinde ayrılmasını sağlayarak büyük bir kolaylık sağlamaktadır. Yöntem ilgili bölümlerde matematiksel olarak daha ayrıntılı bir şekilde anlatılmış ve uygulama sonuçları üzerinden yöntemin değerlendirilmesi yapılmıştır.

3.2.3 Özellik Çıkartma (Feature Extraction)

Görüntü özelliği, görüntüye ait temel bir karakteristik ya da nitelik olarak tanımlanır [28]. Bu özellik ve niteliklerin elde edilmesini amaçlayan özellik çıkartma işlemi ile görüntüye ait bu karakteristikleri kullanarak görüntüyü segmentlere ayıran bölütleme

işlemi arasında kesin bir ayrım bulunmamaktadır. Ancak bu çalışmada bölütleme ve özellik çıkartma ayrı modüller halinde incelenecektir. Özellik çıkartma aşamasında temel alacağımız ölçüt görüntü segmentlerinin boyut indirgenmesi olacaktır.

1. Temel Bileşen Analizi (Principel Componenet Analysis)
2. Doğrusal Fark Analizi (Linear Discriminant Analysis)
3. Bağımsız Bileşen Analizi (Independent Component Analysis)

Bu bölümde yukarıda sıralanan en yaygın özellik çıkartma yöntemler sırasıyla incelenecektir.

3.2.3.1 Temel Bileşen Analizi (Principel Componenet Analysis)

Temel bileşen analizi (PCA), görüntü sıkıştırma, yüz tanıma gibi uygulamalarda verilerin boyut indirgemesi sağlayan yaygın bir istatistiksel bir yöntemdir.

Yöntem uygulanırken; veri kümesi ya da ondan elde edilen özellik matrislerinin ortalama değerleri tespit edilir ve veri değerlerinden çıkartılır. Bu veriler N boyutlu M tane vektör olarak düşünüldüğünde, $M \times N$ boyutunda bir matris elde edilmektedir. Bu matrisin kovaryans, eşdeğişinti matrisi ile sütunların birbiri ile olan istatistiksel ilişkisi elde edilir. Kovaryans matrisinin özdeğer ve özvektörleri elde edilir. Bulunan özdeğerlerden en büyük K tanesi seçilerek, K özdeğere ait özvektörler hesaplanır. En büyük özdeğerleri seçmekteki amaç, pikseller arası en büyük farklılıkları kullanabilmektir. Elde edilen öz vektörler olası hedefe ait öz vektörlerle kıyaslanır ve kullanılacak indirgenmiş veri kümesi edilir [2].

Görüntü sinyalleri için boyut indirgeme amacıyla 2-B PCA yöntemi kullanılır. PCA, doğrusal olması ve işlenecek veri ile ilgili ön bilgiye ihtiyaç duymadan çalışması açısından avantajlı bir yöntemdir [2].

3.2.3.2 Doğrusal Fark Analizi (Linear Discriminant Analysis)

Doğrusal Fark analizi, PCA'inde olduğu gibi verilere ait dağılımların görüntüyü ifade edebilecek minimum veri ile temsil edilmesini yani temel olarak boyut indirgemeyi amaçlayan bir özellik çıkartma yöntemidir [2]. Yöntem istatistiksel analiz tabanlı özellik çıkartma yöntemidir. Sınıflandırma aşamasında anlatılacak olan en az uzaklık

sınıflandırması ve en yakın komşuluk yöntemlerinin özel bir durumudur [31]. Doğrusal fark fonksiyonları şeklinde tanımlanan fonksiyonlar hem sınıflandırma işlemi için bir karar verme kriteri olarak hem de özellik çıkartmak amacıyla kullanılmaktadır.

Yöntem analiz edilecek olan verilerin çok boyutlu ve doğrusal bir fonksiyonla analiz edilebilir olması durumunda iyi sonuçlar vermektedir. Aksi durumda kabul edilir sonuçlar elde edilememekle beraber bu karmaşık verilerin analizinde parçalı doğrusal fark fonksiyonlar kullanılabilir [31].

Doğrusal fark analizinin temel bileşen analizinden farkı, sadece sınıf içi örnekleri değil, sınıflar arası farklılıkların da analizde kullanmasıdır [2].

3.2.3.1.2 Bağımsız Bileşen Analizi (Independent Component Analysis)

Bağımsız bileşen analizi diğer özellik çıkartma teknikleri ile benzer şekilde ana verinin boyut indirgenmesini, diğer bir deyişle orijinal verinin bir doğrusal kombinasyonunun elde edilmesini amaçlayan bir yöntemdir [32]. Diğer yöntemlerden daha yeni bir yöntem olan bağımsız bileşen analizi, temel olarak bileşenleri istatistiksel olarak bağımsız olan ya da mümkün olduğu kadar bağımsız olabilen gauss olmayan bir verisinin, doğrusal bir şekli olarak ifadesini elde etmeyi amaçlamaktadır [32].

Bağımsız bileşen analizi görüntü işleme alanında olduğu kadar diğer sinyal işleme alanlarında da sıklıkla kullanılan başarılı bir yöntemdir. Özellikle tek boyutlu sinyallerin bileşiminden elde edilen bir toplam sinyalin bileşenlerinin ayırt edilmesi problemlerinde önemli kolaylıklar sağlamaktadır. Aynı mantık 2-B sinyaller için de geçerlidir. Bir OHT sisteminin giriş görüntüsüne karışan gürültü sinyali ya da sıkıştırılmış sinyallerden oluşan bileşik sinyallerin doğrusal bileşenlerine ayrılması hem işlem karmaşıklığının azaltılması hem de yöntemin doğru çalışabilmesi açısından önemlidir.

3.2.4 Sınıflandırma

Sınıflandırma ve tanıma işlemleri, makine görmesi, görü ve örüntü tanıma işlemlerinin son aşamasıdır. Algoritmanın çeşitli işlem basamaklarında işlenen orijinal verilerden elde edilen çıktılar bir karar verilmek üzere sınıflandırma bloğuna gönderilir.

OHT sistemlerinde de özellik çıkartma işlemlerinden sonra elde edilen çıkış değerleri çeşitli yöntemlerle değerlendirilmek üzere sınıflandırma bloğuna gönderilmektedir. Sınıflandırma işlemi için kullanılan yöntemler aşağıdaki başlıklar halinde incelenecektir.

1. İstatistiksel Yöntemler ile Sınıflandırma
 - Bayes Sınıflandırılması
1. Yapay Sinir Ağları ile Sınıflandırma
2. Karşılaştırılma Temelli Sınıflandırma Yöntemler
 - Model (Template) Karşılaştırılması
 - Kenar Pikselleri Karşılaştırılması
3. Parametrik Olmayan Sınıflandırma Yöntemler
 - Parzen Penceresi
 - Uzaklık (Minimum Distance Classifier) Karşılaştırılması

Yukarıda verilen teknikler çeşitli problem ve algoritmalar için yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir. Bu yöntemlerin dışından da sınıflandırma amacıyla kullanılan pek çok yöntem bulunmaktadır. Yukarıda verilen sınıflandırma teknikleri çeşitli problemlerde kabul edilebilir sonuçlar vermekle beraber sınıflandırma teknikleri üzerinde hala çalışmalar sürmektedir. Sınıflandırma, her probleme uygulanacak genel teoriye sahip olmayan bu nedenle problem ve işlenecek veriye göre çeşitlilik bir işlemdir.

3.2.4.1 İstatistiksel Sınıflandırma Yöntemleri

ATR uygulamalarının çoğu rastsal fiziksel verilerin (örn. radar ve kızılötesi rastgele görüntüler) işlenmesine dayandığı için istatistiksel yöntemler sınıflandırma işleminde yaygın kullanılmaktadır. En yaygın kullanılan istatistiksel yöntemler arasında Bayes sınıflandırma teorisi bulunmaktadır [31].

3.2.4.2 Yapay Sinir Ağları ile Sınıflandırma

Yapay sinir ağı modelleri, biyolojik öğrenme modeli üzerine kurulmuş ve nöronların dijital ve analog bileşenlerle modellemeyi amaçlayan bir yöntemler bütünüdür. Fizyolojik öğrenme temelli olan bu yöntem beynin paralel çalışma prensibinden yola çıkmaktadır. Ayrıca bu modeller son zamanlarda paralel veri işleme algoritmalarının

kullanılması ile hızlı ve doğru sonuçlar veren bir yöntem haline gelmiştir. Görüntü işlemede;

1. SOM (Self-Organising Map) Ağları
2. MLP (Multilayer Perceptron) Ağları
3. RBF (Radial Basis Function) Ağları

gibi statik YSA modelleri yaygın kullanılan ve çoğunlukla kabul edilir derecede sonuç veren ağlardır. Tezin sınıflandırma ve karar aşamasında kullanılan YSA modeli algoritmanın karar aşamasında ayrıntılı olarak anlatılacaktır.

3.2.4.3 Karşılaştırılma Temelli Sınıflandırma Yöntemler

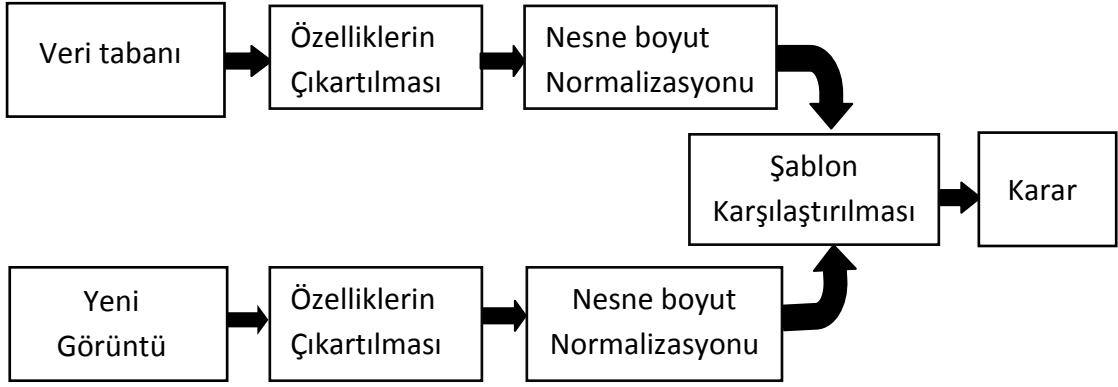
Model tabanlı sınıflandırma yöntemlerinde, önceden alınan örüntü kümelerinden bir veri tabanı matrisler elde edilir. Herhangi bir yeni verinin ön tanımlı parametre üzerinden önceden tanımlı veri tabanına en çok benzeyen kümeye atanması esasına dayanır [1]. Çoğunlukla ön tanımlı parametre için uzaklık gibi fiziksel özellikler seçilir.

3.2.4.3.1 Model (Template) Karşılaştırılması

Sınıflandırmanın görüntünün hazır bir veri tabanı üzerinden eşleştirilmesiyle yapıldığı yöntemdir. Veri tabanında görüntülerin karşılaştırılacak özellikleri tutulmaktadır. Bu özellikler çoğunlukla,

- Korelasyon ya da konvolusyon yöntemleri
- Analog özellikler gaussian fonksiyon modelleri
- İkili özellikler Bernoulli fonksiyon modelleri
- Pozitif özellikler Gama fonksiyon modelleri...

gibi istatistiksel özellik çıkarma yöntemlerinden elde edilen verilerdir. Şablon eşleştirme yöntemi aşağıdaki gibi akış diyagramıyla özetlenebilir [2].



Şekil 3.11 Şablon eşleştirme ile sınıflandırma şeması

Şablon eşleştirmede yaygın kullanılan korelasyon işlemi, görüntü üzerinde maksimum katsayıların bulunduğu bölge ya da bölgelerin nesne olarak tespit edilmesi esasına dayanır. Normalize edilmiş korelasyon katsayıları için;

$$\gamma(x, y) = \frac{\sum_s \sum_t [k(s, t) - \bar{k}] \sum_s \sum_t [f(x+s, y+t) - \bar{f}(x+s, y+t)]}{\left\{ \sum_s \sum_t [k(s, t) - \bar{k}]^2 \sum_s \sum_t [f(x+s, y+t) - \bar{f}(x+s, y+t)]^2 \right\}^{1/2}} \quad (3.29)$$

işlemi yapılmaktadır [1].

$f(s, t)$ sınıflandırılacak görüntü matrisi, $k(s, t)$ $m \times n$ boyutunda, görüntü üzerinde bütün pikseller üzerinde dolaştırılan korelasyon maskesini göstermek üzere hesaplanan $\gamma(x, y)$ katsayılarının görüntü üzerinde maksimum katsayıların bulunduğu bölge olası nesne olarak belirlenir [1]. Bu yöntemle sınıflandırma yapılırken karşılaştırılacak olan verinin mümkün olduğu kadar aranan verinin belirgin bütün özelliklerini içermesi gerekmektedir. Ayrıca veri tabanının geniş olması işlem yükünü artırırken görüntülerin daha doğru sınıflandırılmasına olanak sağlar.

3.2.4.3.3 Kenar Pikselleri Karşılaştırılması

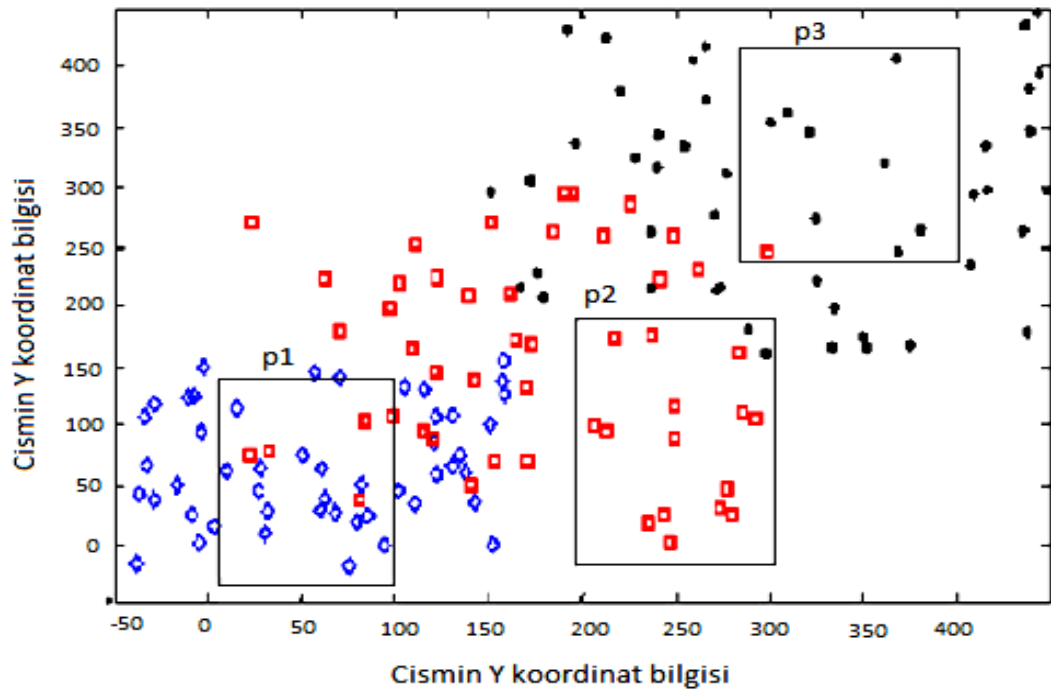
Temel olarak Şablon karşılaştırma ile aynı yöntemi kullanır. Büyük boyutlu veriler ve büyük veritabanlarının mevcut olduğu durumlarda sadece belirli pikseller üzerinden bir karşılaştırma yaptığı için daha az işlem yüküyle çalışan bir yöntemdir. Çeşitli amaçlar için tasarlanmış OHT algoritmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır.

3.2.4.4 Parametrik Olmayan Sınıflandırma Yöntemler

Verilerden parametre kestiriminin mümkün olmadığı ya da elde edilen parametrelerin kullanışlı olmaması durumunda parametrik olmayan sınıflandırma yöntemlerine başvurulur. Böyle veriler için komşuluk ilişkileri üzerinden işlemler yapan Parzen Penceresi ve En Yakın k-komşu yöntemleri mevcuttur. Bu yöntemler ön-koşullara karşı hassasiyeti yüksek ve parametrik yöntemlere nazaran az güvenilir yöntemlerdir [31].

3.2.4.4.1 Parzen Penceresi

Parzen penceresi yönteminde, belirli bir boyutta seçilen pencere ile görüntünün o bölgede bulunan pikselleri incelenmektedir. İncelenen bölgede daha önce tespit edilmiş sınıflardan hangisinden daha fazla eleman bulunursa o sınıfa ait olduğu tespit edilir [2]. Şekil 3.12'de 3 veri kümesi ile verilmiş bir parzen penceresi uygulaması görülmektedir.



Şekil 3.12 Parzen penceresi uygulaması

Şekil (3.12)'de bir parzen penceresi örneği üzerinden genlik olarak üç farklı sınıfa ait piksel gruplarının iki farklı boyuttaki parzen penceresi sınıflandırılması gösterilmiştir.

3.2.4.4.1 Uzaklık (Minimum Distance Classifier) Karşılaştırılması

K-en yakın koşulluk sınıflandırma yöntemi görüntülerin sınıflandırmasında kullanılan bir diğer parametrik olmayan sınıflandırma yöntemidir. Yaygın olarak kullanılan en yakın k-komşuluk sınıflandırılması (K-Nearest Neighbourhood) yöntemidir. Bu yöntemde belirli bir k uzaklık değeri seçilerek, örneğin 5 birim öklid uzaklığı, piksellerin bu uzaklığa göre yakın olan sınıfa atanması sağlanarak sınıflandırma işlemi yapılır.

Genel olarak, daha önce toplanan ve uygun matematiksel yöntemlerle sınıflandırılmış veri sınıflarının yeni veriler ile eşleştirilerek (uzaklık açısından en yakın olduğu sınıf) uygun sınıfa atanması şeklinde yapılır. Öncelikle, ilk verilerin ortalaması [1]

$$m_j = \frac{1}{N_j} \sum_{x \in \omega_j} x_j \quad j = 1, 2, \dots, W \quad (3.30)$$

N_j , w_j sınıfına ait örüntü vektörlerinin sayısı, W örüntü sınıflarının sayısı olmak üzere m_j j . sınıf için elde edilen ortalama vektör olacaktır. Sınıflandırılmamış \mathbf{x} verisini sınıflandırmak için ortalama örüntü vektörlerinden \mathbf{x} ile minimum uzaklığa sahip olanı tespit edilerek yeni \mathbf{x} verisi o sınıfa atanacaktır. Uzaklık değeri Öklid uzaklık formülüyle,

$$D_j(\mathbf{x}) = \|\mathbf{x} - m_j\| \quad j = 1, 2, \dots, W \quad (3.31)$$

Elde edilen fark değerlerine göre \mathbf{x} verisi w sınıflarından birine atanacaktır. Sınıfları ayıran karar fonksiyonunu,

$$d_j(\mathbf{x}) = \mathbf{x}^T m_j - \frac{1}{2} m_j^T m_j \quad j = 1, 2, \dots, W \quad (3.32)$$

\mathbf{x} verisinin w_j sınıfına atanması durumunda $d_j(\mathbf{x})$ en yüksek değeri alacaktır [1]. $d_j(\mathbf{x})$ karar fonksiyonu iki sınıfa sahip veriler için doğru denklemdir, üç sınıfa sahip veriler için yüzey, n sınıfa sahip veriler için hiperyüzey denklemi olacaktır.

3.3 Sonuç

Görüntüleme ve algılayıcı teknolojilerinde meydana gelen hızlı gelişmeler bunların kullanıldığı sistemleri etkilemekte ve yeni ihtiyaçlar yaratmaktadır. Yüksek hızlı görüntüleme ve algılama teknolojilerinden elde edileni çoğu veri insanın algılama seviyesinin dışında kalmakta ve bu verilerin makine görmesi haricinde değerlendirilme imkanı bulunmamaktadır. Örneğin insan optik algılama spektrumu dışında yer alan sinyallerin kullanıldığı echo palner görüntüleme sistemlerinde 1 görüntü/100 ms, bilgisayarlı tomografi cihazlarında 4 görüntü/1 sn görüntüleme hızları ile veri elde edilmektedir [9]. Değerlendirilmesi bu kadar yoğun işlem gücü gerektiren bu yüksek oranda verinin salt insan algısı ve çalışması ile değerlendirilebilme imkânı çok düşüktür. Bu nedenle gelişen bu yapılara paralel olarak bu verileri işleyecek yardımcı/otomatik sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır.

ATR, OHT sistemlerine duyulan bu ihtiyaca daha çok sağlık ve askeri alanlar öncülük etmektedir. Bununla birlikte yukarıda sistem donanım ve yazılım açısından geniş bir değerlendirilmesi yapılan bu sistemlerin bütünüyle güvenilir olmadığı görülmektedir. Özellikle hayati önem taşıyan bazı askeri ve sağlık uygulamalarda kararın bütünüyle otonom yapılar tarafından verilmesi hala mümkün görülmemektedir. Yukarıda üzerinde durulan performans parametreleri ile üzerinde hala çalışmalar devam eden bazı dezavantajlar donanım ve yazılım uyumu gibi konular OHT alanı için hala önemini korumaktadır.

Bu bölümde OHT alanının günümüz ihtiyacını karşılayabilen donanım ve yazılım yapıları ayrıntılı olarak anlatıldı. Tez çalışması aşamasında kullanılmayan bazı yöntem ve tekniklerin literatür incelemesi yapılarak genel bir bakış açısı verilmeye çalışıldı. Bölüm algoritma tasarlama aşaması için bir hazırlık niteliği taşımakta ayrıca şimdiye kadar yapılan çalışmaların incelenmesinin yapılması açısından ile ayrıntılı bit literatür değerlendirilmesi olarak görülebilir.

TASARLANAN OHT ALGORİTMASI

Önceki bölümlerde otomatik hedef tanıma (OHT) sistemlerine ait çeşitli uygulama alanları, yöntemler, algoritmalar ve donanım yapıları üzerinden ayrıntılı incelemeler yapıldı. Ayrıca OHT sistemleri hakkında genel bir fikir vermesi amacıyla bu sistemlerin literatür taraması ve tarihsel gelişimi ayrıntılı bir şekilde anlatıldı.

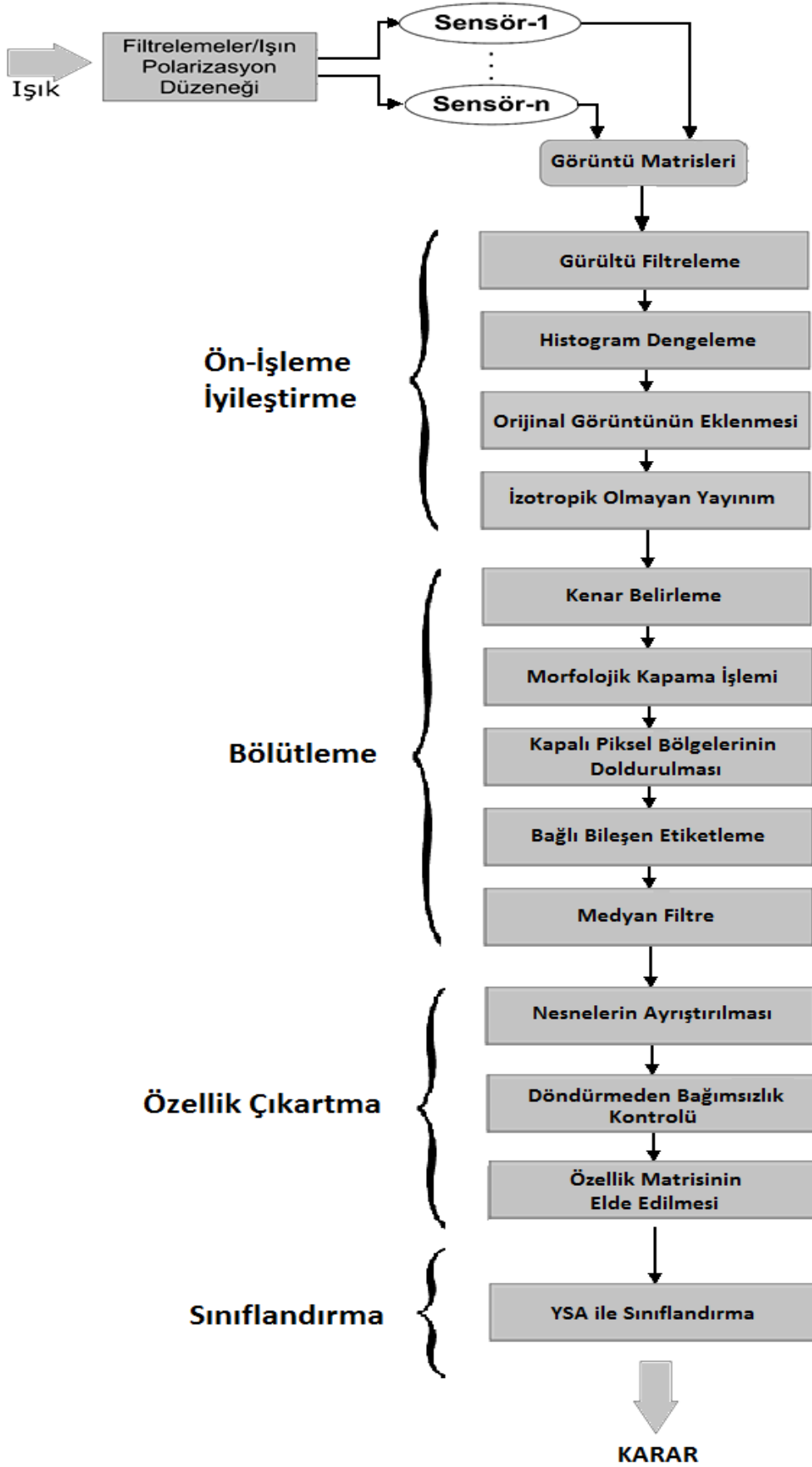
Bu bölümde ise tasarlanan bir görüntü işleme tabanlı OHT sisteminin algoritması ve modülleri matematiksel olarak ayrıntılı bir şekilde açıklanıp yazılım uygulamasından elde edilen sonuçlar verilecektir. Modüler olarak tasarlanan bir OHT algoritması [2], [7] baz alınarak bazı uygulamalar için algoritmanın çeşitli kısımlarına müdahaleler yapılarak daha farklı uygulamalar için sonuçların iyileştirilmesi amaçlanmıştır.

Literatürde yer alan Freeman zincir kodlanmasının dairesellik özelliğinden [1] yola çıkılarak, zincir koduna ait fark değerinin normalize edilerek sistemin dönmeden bağımsızlığı (rotate invariant) özelliğine ait bir öznelik elde edilmesi amaçlanmıştır.

Tasarlanan OHT algoritması temel olarak

1. Ön-işleme ve iyileştirme
2. Bölütleme
3. Özellik Çıkartma
4. Sınıflandırma

olmak üzere 4 ana işlem bloklarından oluşmaktadır. Bu işlem blokları da kendi içinde alt işlem modülleri içermektedir. Tasarlanan sistemin algoritma ve uygulama basamakları şematik olarak Şekil 4.1'de gösterilmiştir [7]. Şekil 4.1'de tasarlanan OHT algoritması blokları ve alt modülleri görülmektedir.

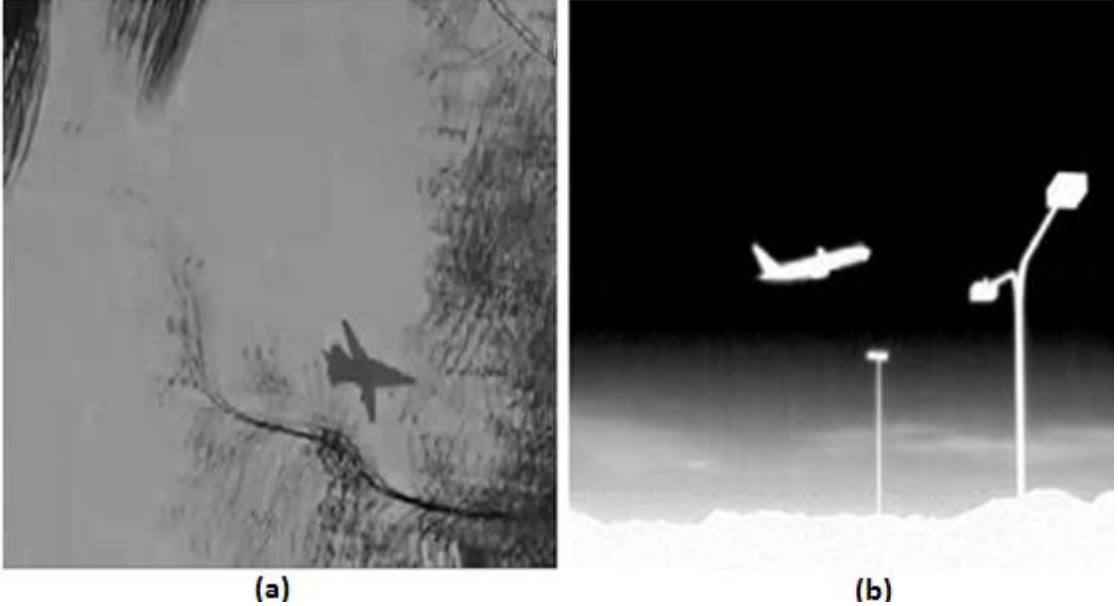


Şekil 4.1 Tasarlanan OHT sistemi algoritmasının akış diyagram şeması

4.1 Görüntü Matrislerinin Elde Edilmesi

Hedef bölgede kurulmuş OHT sistemine ait sensör yapıları tarafından algılanan sinyallerin sistem girişine uygun bir şekilde vektör ya da matris formuna dönüştürüldüğü modüldür. Sensörlerden elde edilen görüntünün kalitesi, sensörün konumuna, ışık açısına, hedefle sensör arasındaki açıya ve donanım yapılarının kalitesine bağlıdır.

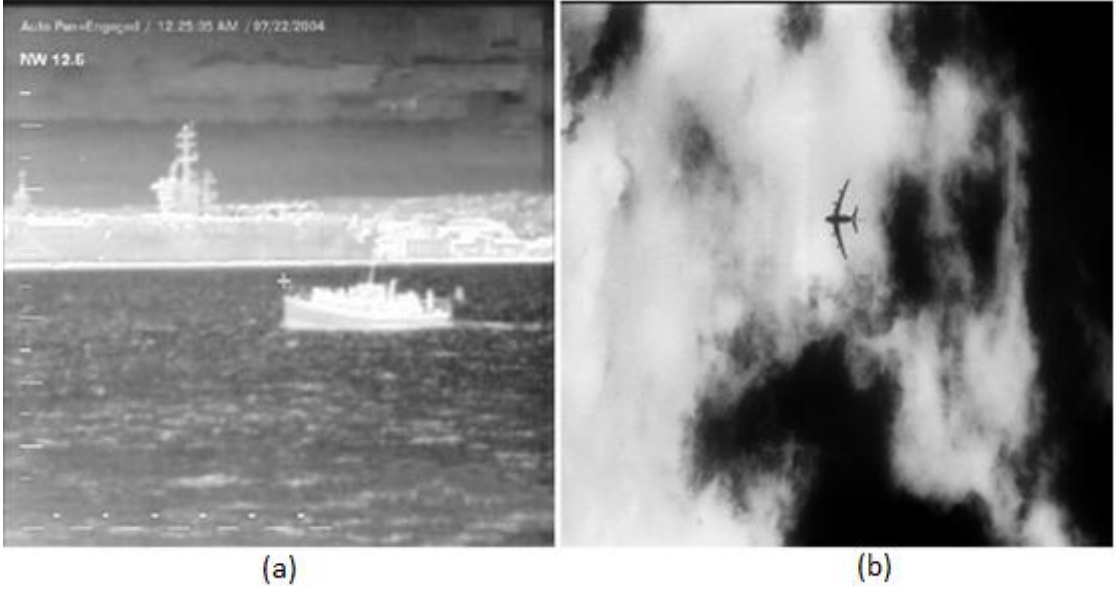
Algoritma şemasında (Şekil 4.1) gösterilen sensörler kısmında görüldüğü üzere bazı uygulamalarda multi-sensör yani çok sensörlü görüntü alma düzenekleri kullanılmaktadır. Çok boyutlu algılayıcı sistemler son yıllarda yapılan çalışmalarda önemli yer tutmaktadır [9]. Tasarlanan OHT sisteminde farklı görüntüler üzerinden sistem denenerek sonuçlar değerlendirilecektir. Çalışmada kullanılan görüntüler Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (MIT) ve Brown Üniversitesi tarafından hazırlanan görüntü veri tabanı [33], California Teknoloji Enstitüsünün Computational of Vision Laboratory'ye ait görüntü arşivi [32] ve farklı internet kaynaklarından elde edilmiştir. Aşağıda Şekil 4.2'de iki farklı sensörden alınan görüntü örnekleri verilmiştir.



Şekil 4.2 Farklı sensörlerden elde edilen test görüntüleri (a) Kırmızı renk EM görülebilir ışık, savaş uçağı, kaynak: VOA News (b) Infrared EM görülebilir ışık altında, yolcu uçağı

Algoritmanın sonraki aşamalarında ayrıntılı bir şekilde görüleceği üzere görüntü matrisinin elde edilme yöntemi, sistemi birçok açıdan etkileyen önemli bir parametredir.

Aşağıda algoritmanın uygulamasında kullanılacak olan test görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.3 1. ve 2. Test görüntüleri (a) Askeri Bot, FLIR termal görüntü, kaynak: Sierra Pacific I. (1.Görüntü) (b) Infrared Uçak Görüntüsü, Brittni Galindo (2.Görüntü)



Şekil 4.4 3. ve 4. Test görüntüleri (a) Caddeden çekilmiş görülebilir EM ışık görüntüsü (3.Görüntü) (b) IR araba yolu ve yayalar (4.Görüntü)

Yukarıdaki şekillerde farklı EM ışık bölgelerine duyarlı sensörler ile elde edilmiş görüntüler verilmiştir. Tasarlanan OHT algoritması yukarıdaki görüntüler ek olarak farklı nesne ve bölgeleri görüntüleri üzerinden denemeler de yapılmıştır.

Algılayıcı teknolojilerinde meydana gelen gelişmeler sistemin bütün başarımını ilk dereceden etkileyen önemli bir etkidir. Bu açıdan sensör ve algılayıcı düzeneklerin seçimi sisteme uygun yapılması gereken önemli parametrelerdir.

Herhangi bir hedef ve sistem için kabul edilebilir çözünürlük değerleri, tercih edilecek sensörler için aşağıda verilen tablo genel bir bakış açısı vermektedir.

Çizelge 4.1 Ayrım kriteri sınıflandırılması

AYRIM KRİTERİ	SENSÖR	GÖRÜNTÜ KALİTESİ	İŞLEMCİ
Sıcaklık	Az çözünürlük (örn. FLIR)	Düşük	Vasat
Harekat	MTI radar	Düşükten ortaya	Vasat
Enine Kesit Radar ve Kutuplanma	Eş evreli radar	Düşükten ortaya	Vasat
Görülebilir EM dalga	Görülebilir, RF, IR LADAR ve radar	Orta	Vasat
2-Boyutlu Şekil	Yüksek çözünürlüklü görüntüleme	Ortadan yükseğe	Güçlü
3-Boyutlu Şekil	Ayarlanmış lazer	Yüksek	Güçlü
Çoğul Karakteristikler Örn. Şekil ve kutuplanmalar	Çoğul-sensörler	Çok Yüksek	Güçlü

4.2 Görüntü Ön-İşleme ve İyileştirme

Ön-filtreleme ve gürültünün temizlenmesi işlemleri, görüntünün üzerine binen sensörden kaynaklı yapay gürültülerin ve görüntü elde edilen bölgenin yapısından kaynaklı doğal gürültülerin arındırılmasını amaçlamaktadır. Olabilecek bu gürültü etkileri OHT algoritmasının başarımı negatif yönde etkilemektedir.

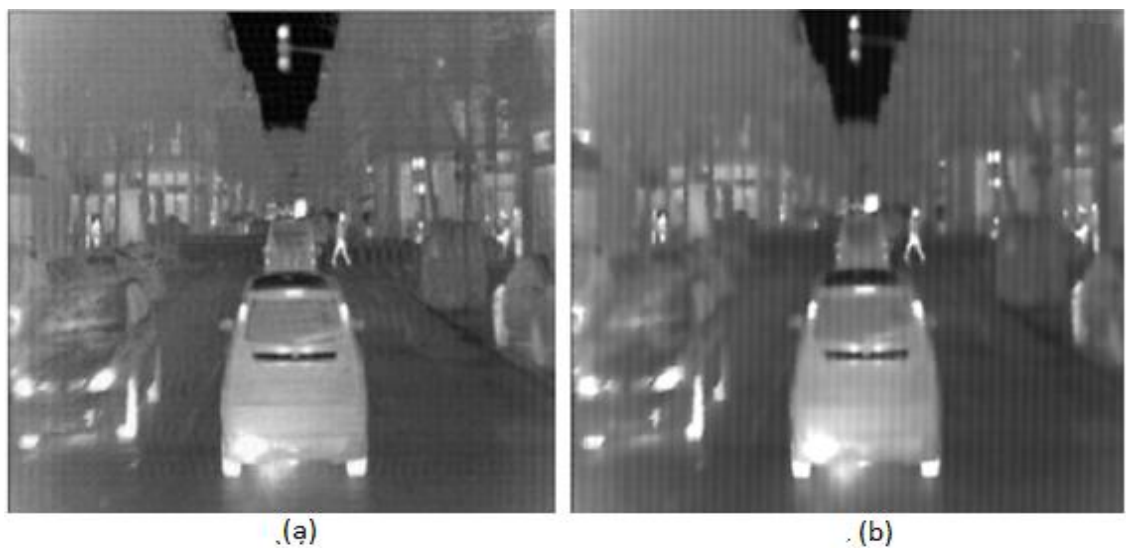
Gürültü etkilerinin mümkün olduğu kadar giderilmesi için sensörlerden elde edilen görüntü matrisleri üzerinde ön-işlem, pre-processing, adı verilen aşamada çeşitli yöntem ve algoritmalar kullanılarak çalışmalar yapılmaktadır.

4.2.1 Gürültü Filtreleme

Ön-filtreleme gerektiren gürültüler arasında doğrusal olmayan impuls gürültüsü, çoğunlukla tekil-yongalı video kameralarda periyodik gürültüler [35], adaptif beyaz gauss gürültüleri, termal gürültüler, elektriksel girişim olarak sayılabilir. Bu gürültülerden periyodik gürültüyü barındıran görüntü Şekil 4.5’de gösterilmiştir.

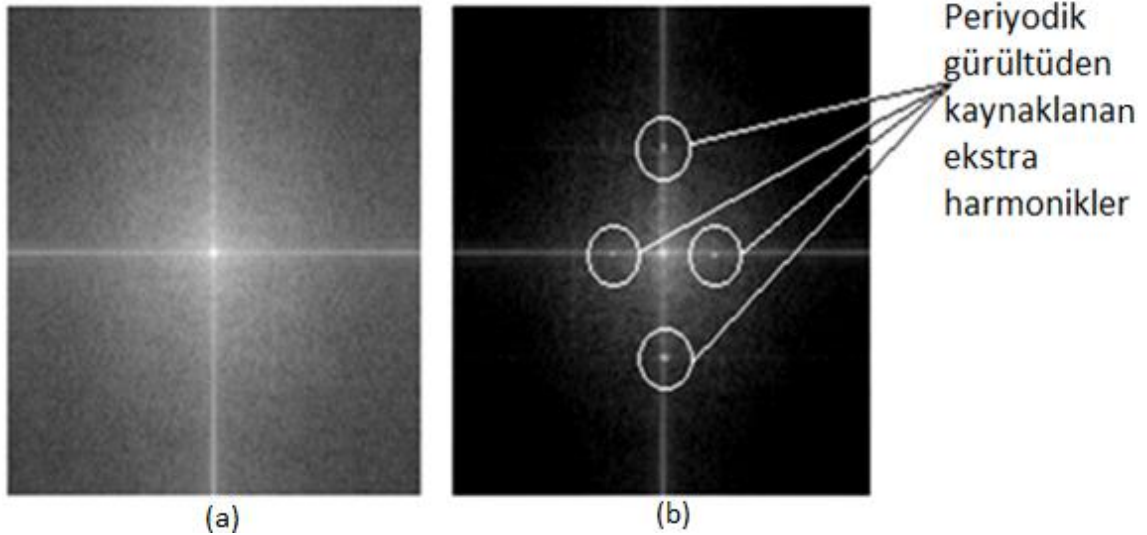


Şekil 4.5 Periyodik gürültü (a) 1. Görüntü (b) 1.Görüntünün üzerine periyodik gürültü eklenmiş durumu



Şekil 4.6 Periyodik gürültü filtreleme (a) Periyodik gürültünün band durdurucu filtre ile temizlenmesi (b) Periyodik gürültünün Wiener Filtre ile temizlenmesi

Çeşitli gürültüler için kullanılan frekans ya da zaman ortamını baz alan filtre çözümleri mevcuttur. Yukarıda verilen periyodik gürültü için frekans ortamı çözümü için band durduran filtre kullanılmıştır. Periyodik gürültüler frekans karakteristikleri açısından tekrar eden bir yapıya sahiptir. Bu gürültünün nedenleri görüntü kaydeden sensör ve ağ donanım yapılarının doğaları gereği elektriksel olarak tekrar eden bir yapıya sahip olmalarıdır.



Şekil 4.7 Periyodik gürültü frekans bileşenleri (a) Gürültüsüz görüntüye ait frekans bileşenleri (b) Periyodik gürültülü görüntünün frekans bileşenleri

Yukarıda Şekil 4.7’de verilen band durduran filtre yapısı Şekil 4.5’deki gürültülü görüntünün içinde bulunan gürültü sinyallerinin frekans bileşenlerinin konumlara göre ayarlanarak görüntünün gürültüden temizlenmesi sağlanmaktadır. Ayrıca periyodik gürültülerin frekans bileşenleri frekans ortamında buldukları bölgenin frekans bileşenlerine nazaran aşırı bir genlik farkı yarattıklarından dolayı, bu gürültü bileşenler frekans ortamında medyan filtre ile de temizlenebilmektedir [35].

Zaman ortamında filtreleme için ise istatistiksel olarak çalışan, doğrusal olmayan bir adaptif filtre çözümü olan Wiener filtresi kullanıldı. Yukarıda gösterilen Şekil 4.7b-’deki $g(x, y)$ görüntüsü, periyodik gürültünün Wiener Filtresi ile temizlenmiş çıkış görüntüsü olsun. $f(x, y)$, orijinal görüntü ve $f'(x, y)$ periyodik gürültü eklenmiş görüntüyü göstermek üzere, filtrenin başarımı $g(x, y)$ ile $f(x, y)$ görüntü matrisleri arasındaki farkın mümkün olduğu kadar küçük olmasına bağlıdır [36]. Bunun için $f(x, y)$ görüntü matrisi ile $g(x, y)$ görüntü matrisinin bütün pikselleri arasındaki

$$\sum (f(x, y) - g(x, y))^2 \quad (4.1)$$

fark değerinin minimum olması amaçlanmaktadır. Birçok filtrede olduğu gibi wiener filtreleri de görüntüler üzerinde yüksek frekanslarda kayıplara neden olmakta ve bulanıklaşma etkisi meydana getirmektedir. Buna rağmen düşük varyansa sahip görüntülerde yüksek oranda iyileştirme sağlamaktadır [36].

4.2.2 Histogram Dengeleme

Daha önce tanımlanan histogram eğrisi grilik seviyelerinin bulunma sıklıkları hakkında fikir vermesi açısından görüntü matrislerinin değerlendirilmesinde önemli bir parametredir.

Histogram dengeleme yöntemi her durumda kullanılan bir iyileştirme yöntemi değildir. Histogram dengeleme (veya eşitleme) belli bir bölgede kümelenmiş çok sayıda piksel değerlerinden kaynaklanan, renk dağılım bozukluklarını gidermek için kullanılır. Bu yöntemde 8 bit kuantalanmış görüntü için 0-255 aralığında olan L grilik seviyesi dengeli piksel dağılımı sağlanarak kontrast ayarlanması yapılması amaçlanır. Histogram dengeleme yöntemi, r_k grilik seviyelerini göstermek üzere

$$P_r(r_k) = \frac{n_k}{n} \quad r_k = 0 \dots L-1 \quad (4.2)$$

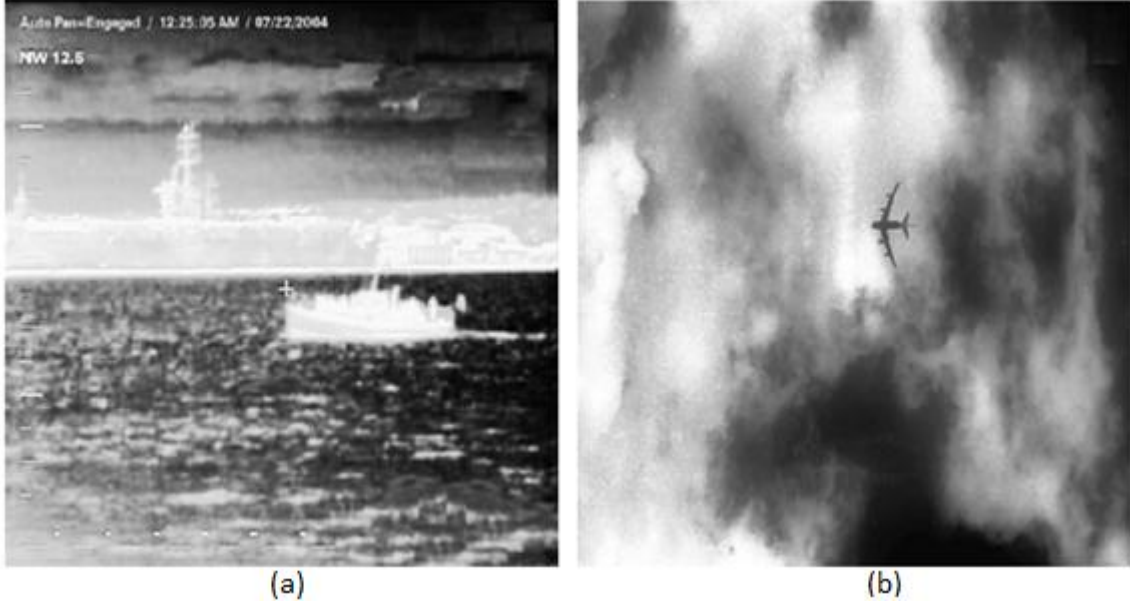
$P(r_k)$, r_k grilik seviyesi değerinin bulunma olasılığını, n görüntü matrisinde bulunan toplam piksel sayısı ve n_k grilik seviyesinde bulunan toplam piksel sayısını göstermek üzere,

$$s_k = T(r_k) = \sum_{j=0}^k P_r(r_j) \quad k = 0 \dots L-1 \quad (4.3)$$

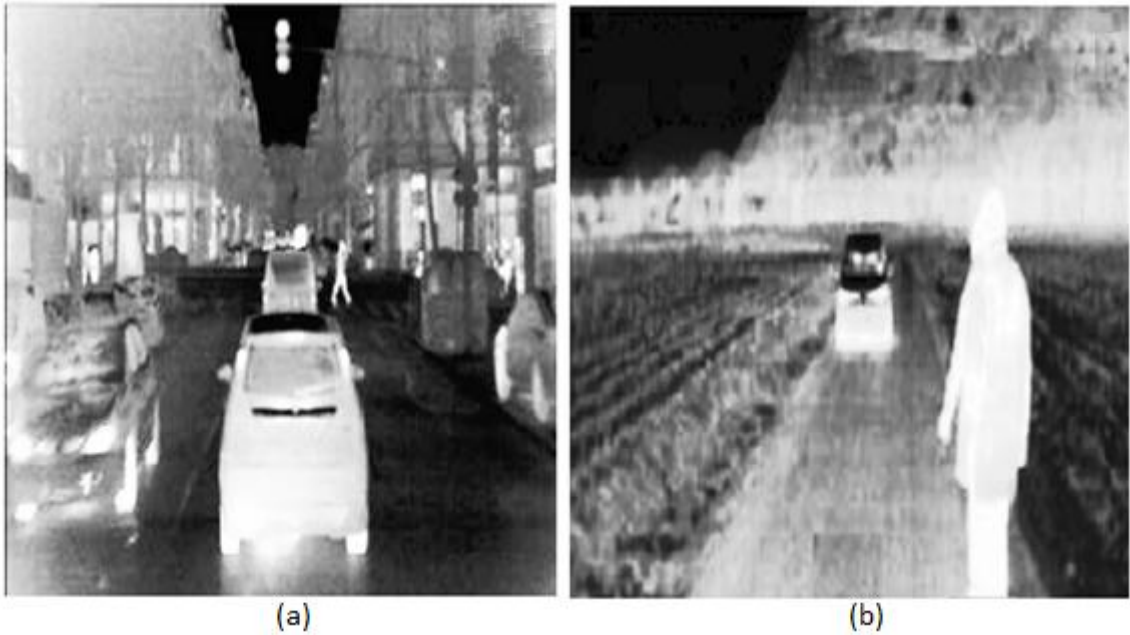
şeklinde piksel değerleri yeni genlik değerleri olarak uygulanmış olunur [1].

OHT algoritmasının bu aşamasında histogram kullanımı dengeleme işlemi görüntülerin kontrast farklarının daha belirgin hale getirmeyi amaçlanmaktadır.

Şekil 4.8 ve Şekil 4.9’da dört adet test görüntüsünde elde edilen histogram dengeleme sonuçları görülmektedir. Çıkiş görüntülerinde belirgin bir kontrast farkının oluştuğu görülmektedir.



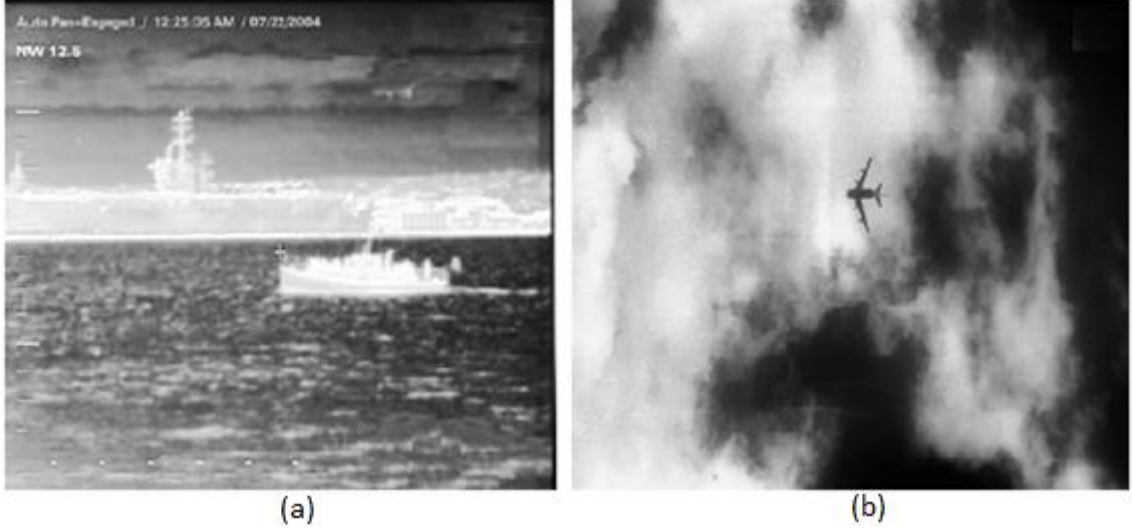
Şekil 4.8 Histogram dengeleme (1. ve 2. görürüntü) (a) 1.Görüntü için histogram dengeleme (b) 2.Görüntü için histogram dengeleme



Şekil 4.9 Histogram dengeleme (3. ve 4. görürüntü) (a) 3.Görüntü için histogram dengeleme (b) 4.Görüntü için histogram dengeleme

4.2.3 Orijinal Görüntünün Eklenmesi

Histogram dengelenmesi yapıldıktan sonra görüntünün orijinal görüntü matrisinden çok farklılaşmaması ve birbirine çok yakınlaşan tonlamaların önüne geçmek için [2] histogramı dengelenmiş görüntü ile orijinal görüntü toplanarak aritmetik ortalama alınır. Şekil 4.10 ve Şekil 4.11’de toplama sonucu elde edilen 4 test görüntüsüne ait sonuçlar verilmiştir.



Şekil 4.10 Orijinal görüntünün eklenmesi (1. ve 2. görüntü) (a) 1.Görüntü + histogramı dengelenmiş görüntü (b) 2.Görüntü + histogramı dengelenmiş görüntü



Şekil 4.11 Orijinal görüntünün eklenmesi (3. ve 4. görüntü) (a) 3.Görüntü + histogramı dengelenmiş görüntü (b) 4.Görüntü + histogramı dengelenmiş görüntü

Görüntülerin histogramları dengelenmiş görüntü matrisleri ile toplanmış halleri değerlendirildiğinde, kontrast değerlerinin daha düşük olduğu görülmektedir. Bu aşama sonucunda elde edilen sonuçlar bir sonraki işlem modülüne gönderilecektir.

4.2.4 İzotropik Olmayan Yayınım

İzotropik olmayan yayınım işlemi, görüntü iyileştirme işlemlerinin son basamağıdır. İzotropik olmayan yayınım işleminin amacı bölgeler arasında kontrast farkını artırmaktır. Böylece görüntüler bölütleme aşamasına hazır hale getirilmektedir. Daha çok medikal görüntü işlemede ve kenar belirleme işleminde kullanılır [37].

Tipik bir gaussian filtre ile görüntünün işlenmesi

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (4.4)$$

Formülü ile elde edilen $N \times N$ şablonunun ve σ gauss eğrisinin varyansını ifade etmek üzere görüntü ile konvolusyonu alınarak

$$g(x, y) = f'(x, y) * G(x, y) \quad (4.5)$$

$g(x, y)$ işlenmiş görüntü matrisi elde edildi. Bu ve benzeri doğrusal yöntemlerin istenmeyen ayrıntıları bastırırken, keskin geçişleri koruması istenmektedir. Bu işlemler işlemi görüntü işleminin en eski ve üzerinde en çok çalışılan konularından bazılarıdır.

Perona ve Malik tarafından 1990 yılında yayınlanan izotropik olmayan yayınım işleminin [37] gürültü gidermek için kullanılan yöntem doğrusal olmayan bir işlem mantığıyla çalışmaktadır. Yöntemin doğrusal olmaması görüntü üzerinde bulunan her piksel aynı işlemi yapmak yerine, yeni pikselin komşu piksellerin ağırlıklarına göre işlenmesini sağlar [27]. Gauss ve benzeri yöntemlerden farklı olarak yöntemin avantajı kenar bilgilerini yani yüksek frekans bilgilerinin büyük çoğunlukla koruması ve detayların kaybolmasını önlemesidir. Difüzyon, Türkçe karşılığı olarak yayınım fiziksel olarak yoğunluk değişiminin dengelendiği bir süreç olarak tanımlanır. Görüntü işlemede piksellere ait genlik değerleri yoğunluk değeri olarak, gürültü ise homojen olmayan düşük yoğunluklu genlikler olarak değerlendirilir [35]. İzotropik olmayan yayınım ile amaç gürültülere ait homojen olmayan değerlerin daha yumuşak geçişli ve düzgün hale getirilmesidir. İzotropik olmayan yayınım, bu işlemi yaparken diğer yöntemlerden farklı olarak kenar bilgilerinin korunması sağlamaktadır.

Başlangıç noktası olarak ısının bir nesne üzerinde, belli bir konumda ve zamanda, nasıl dağılacığını tanımlayan

$I(x, y, t): \mathcal{R}^2 \rightarrow \mathcal{R}^+$ olmak üzere

$$\frac{\partial f'(x, y, t)}{\partial t} = \text{div}(\nabla f'(x, y, t)) \quad (4.6)$$

ısı denklemi üzerinden tanımlanan yöntem bir parçalı diferansiyel denklem olarak [37], [26] ele alınmakta ve görüntüye ait genlik değerleri ısıya benzer olan homojen dağılmama özelliği sayesinde yöntem uygulanabilmektedir. Görüntüye ait homojen olmayan genlik değerleri dağıtılarak görüntü üzerinde daha yumuşak geçişler meydana getirilmektedir [2]. Bu etki gaussyan alçak geçiren filtrelerin görüntüler üzerinde oluşturduğu etkiye eş değerdir [37]. Doğrusal ölçekli-uzay yaklaşımı olarak ele alınan klasik yöntemlerde görüntü üzerinde bulunan kenar değerleri korunmamakta ve keskin geçiş noktaları kaybolmaktadır. Klasik gaussyan filtreden farklı olarak, görüntünün kenar bölgelerinde bulunan bilgilerin korunmasını sağlamak için daha sonra Koenderink [37] tarafından (4.6) denkleminde verilen doğrusal işleme $c(x, y, t)$ fonksiyonu eklenmiş ve doğrusal olmayan bir etki yaratılarak kenar bilgilerinin korunması sağlanmıştır. $c(x, y, t)$ hata durdurma fonksiyonu (edge stopping function) ve daha önce bahsettiğimiz doğrusal olmayan yaklaşım sayesinde, piksellerin komşu piksellerine bakılarak kenar pikseli olması durumunda az bir yumuşatma etkisi yaratılmakta, diğer durumda ise piksellerin mümkün olduğunda bastırılarak yumuşatılması sağlanmaktadır.

Farklı araştırmalarda yöntem farklı $c(x, y, t)$ ifadeleri için denenerek çeşitli kenar koruma etkileri gözlenmiştir. Fakat $c(x, y, t)$ fonksiyonun seçimi için kabul edilen genel geçer bir kriter bulunmamaktadır [37]. Zaman boyutunu çıkartıp 2-B olarak yazdığımız ifadeye kenar fonksiyonunu da eklersek,

$$\text{div}(c(x, y)\nabla f'(x, y)) = c(x, y)\nabla \cdot \nabla f'(x, y) + \nabla c(x, y) \cdot \nabla f'(x, y) \quad (4.7)$$

ifadesinde 2-B görüntü oldukları için indisler çıkartılırsa,

$$\text{div}(c\nabla f') = c\Delta f' + \nabla c \cdot \nabla f' \quad (4.8)$$

$c(x, y)$ ifadesi sabit olması durumunda [37], eşitlik (4.8) ifadesinde ∇c sıfır olacağından

$$\text{div}(c\nabla f') = c\Delta f' \quad (4.9)$$

şeklinde izotropik ısı yayılımı denkleminde dönüşecektir. Burada gradiyent operatörü bize işlenen pikselin kenar pikseli mi yoksa değil mi olduğu konusunda bilgi veren matematiksel ifadedir. Böylece her piksele aynı işlemi uygulayan klasik doğrusal yaklaşımlar yerine, pikselin kenar pikseli olması durumunda daha az yumuşatma etkisi sağlanacaktır. Bu durumda kenar pikseline yakınlık ifadesini verece olan bir ifade yazacak olursak,

$$E(x, y, t) = \Delta f'(x, y, t) \quad (4.10)$$

ya da aynı şekilde,

$$E(x, y, t) = \nabla f'(x, y, t) \quad (4.11)$$

Şeklinde yazılıp bir E kenar piksel yakınlık ifadesi elde edilebilir [27]. E değerine göre değişen yumuşatma değerini ayarlamak için $A(|E|)$ fonksiyonu tanımlanırsa,

$$A(|E|) = e^{-\left(\frac{|E|}{k}\right)^2} \quad (4.12)$$

$$A(|E|) = \frac{1}{1 + \left(\frac{|E|}{k}\right)^2} \quad (4.13)$$

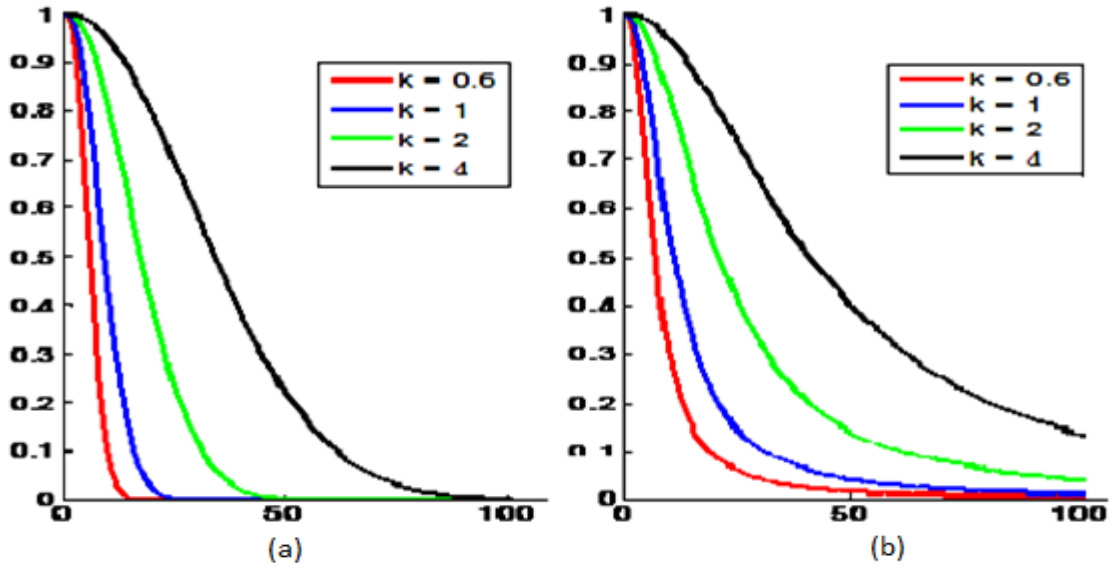
k sabiti ve E değerine göre değişen bu iki fonksiyon kullanılarak kenar bölgelerine ait bilgiler elde edilmeye çalışılacaktır. Bu fonksiyonlar dışında farklı fonksiyonlar da kullanılabilir. Kenar bölgelerini katsayılar,

$$c(x, y) = A(|\nabla f(x, y)|) = A(|E|) \quad (4.14)$$

şeklinde c katsayıları elde edilmektedir. Bu c katsayılar

- $c(x, y)$ değeri büyük olduğu durumda (x, y) konumu kenara ait olmadığı
- $c(x, y)$ değeri küçük olduğu durumda (x, y) konumu kenara ait olduğu

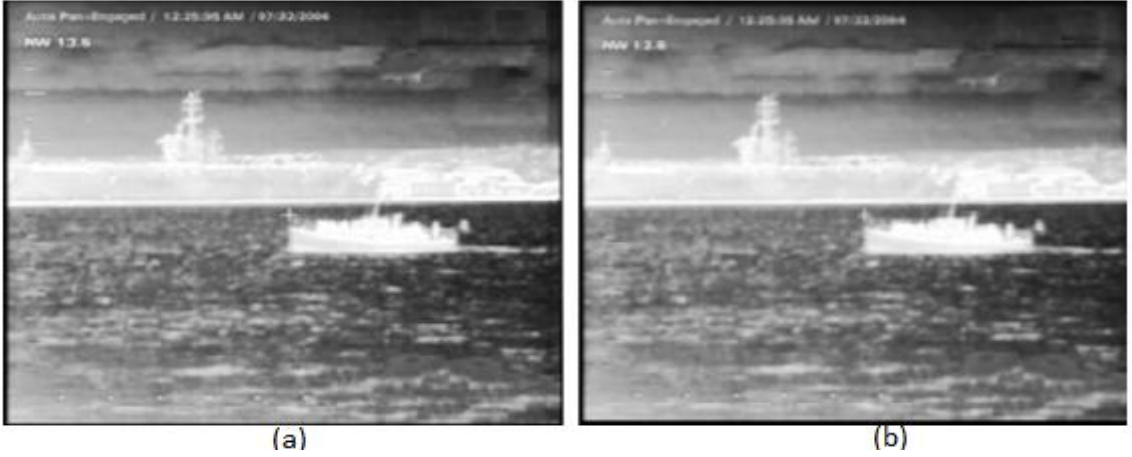
şeklinde genel bir çıkarımda bulunulabilir. Şekil 4.12'de her iki A fonksiyonun ait farklı değerlerde k sabitleri için elde edilmiş (alçak geçiren filtre) grafikler verilmiştir.



Şekil 4.12 İzotropik olmayan yayılım A fonksiyonu eğrileri (a) Denklem (4.12) için farklı k değerleri için elde edilmiş eğriler (b) Denklem (4.13) farklı k değerleri için elde edilmiş eğriler

Aşağıda verilen görüntülerde 2-B bir gauss filtresiyle elde edilen çıkış görüntüleri ve izotropik olmayan yayılım algoritmasıyla elde edilen sonuçla karşılaştırılmıştır. İzotropik olmayan yayılım uygulama örneklerinde yazılım iteratif olarak işletilmiştir. İşlemler 12 iterasyon ve 24 iterasyon olarak yapılmıştır. Optimum bir iterasyon artımdan sonra görüldüğü üzere görüntü üzerindeki ayrıntılar iyice kaybolmaktadır. Bu durumda OHT algoritması işletilirken uygun bir iterasyon sonra işlem durdurulmakta ve elde edilen sonuç görüntü matrisi bir sonraki aşama olan bölütleme bloğuna gönderilmelidir. Gauss alçak geçiren filtre çıkış görüntü matrisleri değerlendirildiğinde standart sapmanın büyük olduğu durumda ayrıntılar ve yüksek frekans bileşenleri kaybolmakta, düşük standart sapma olduğu durumda ise görüntüler tamamıyla kaybolmadığı ve kabul edilebilir sonuçlar elde edilemediği gözlenmiştir.

1. Test görüntüsünden elde edilen sonuçlar Şekil 4.13 ve Şekil 4.14 verilmiştir.

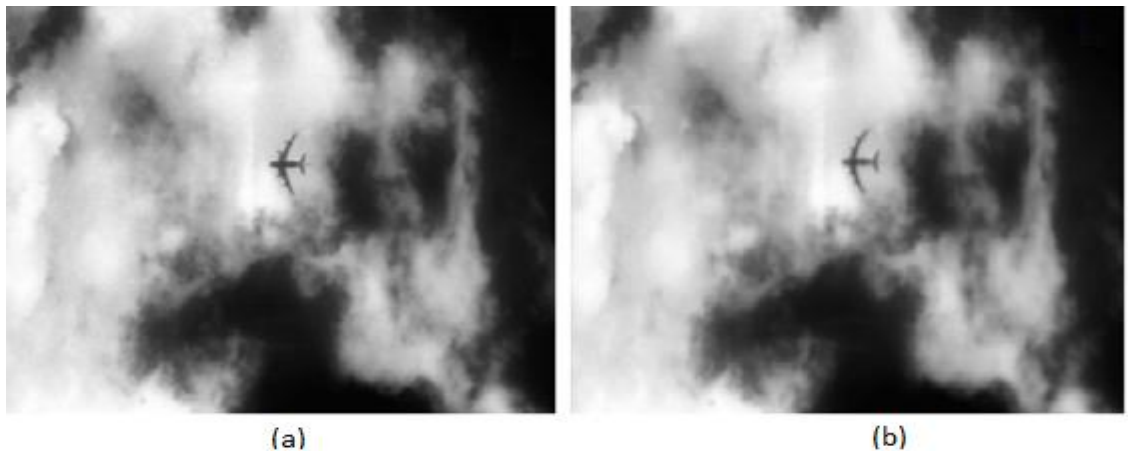


Şekil 4.13 1. Görüntü için gauss filtreleme (a) gauss filtresi ile elde edilen sonuç ($\sigma=6$)
(b) gauss filtreleme ile elde edilen sonuç ($\sigma=12$)

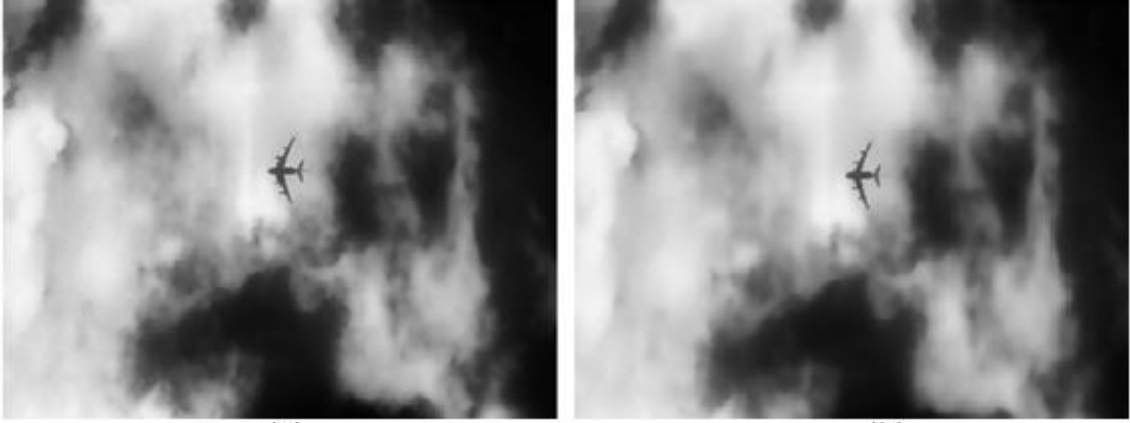


Şekil 4.14 1. Görüntü için izotropik olmayan yayılım (a) $i=12$ ile elde edilen sonuç
(b) $i=24$ ile elde edilen sonuç

2. Test görüntüsünden elde edilen sonuçlar Şekil 4.15 ve Şekil 4.16 verilmiştir.



Şekil 4.15 2. Görüntü için gauss filtreleme (a) gauss filtresi ile elde edilen sonuç ($\sigma=6$)
(b) gauss filtresi ile elde edilen sonuç ($\sigma=12$)



(a)

(b)

Şekil 4.16 2. Görüntü için izotropik olmayan yayılım a- $i=12$ ile elde edilen sonuç
b- $i=24$ ile elde edilen sonuç

3. Test görüntüsünden elde edilen sonuçlar Şekil 4.17 ve Şekil 4.18 verilmiştir.



(a)

(b)

Şekil 4.17 3. Görüntü için gauss filtreleme (a) gauss filtresi ile elde edilen sonuç ($\sigma=6$)
(b) gauss filtresi ile elde edilen sonuç ($\sigma=12$)

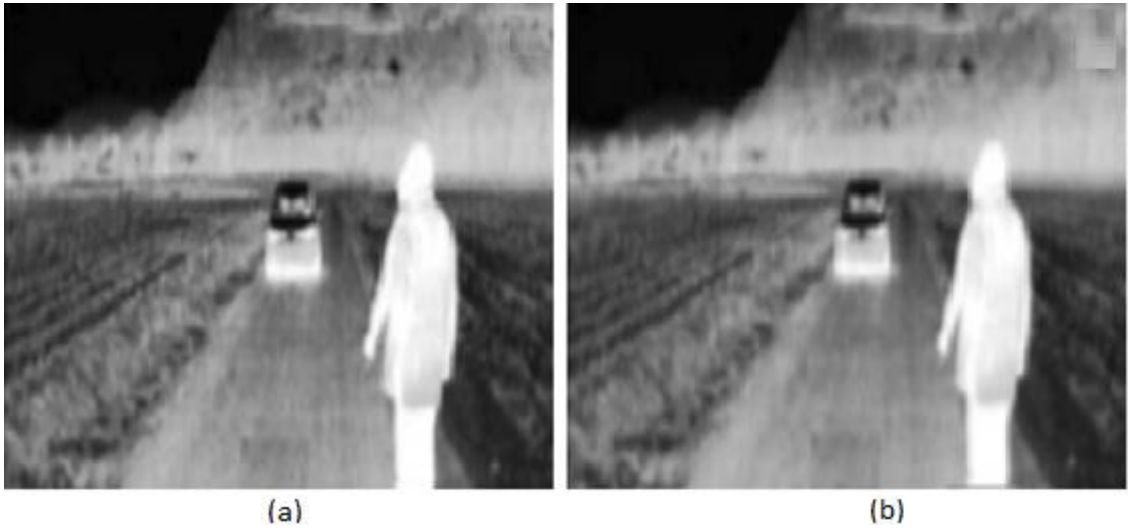


(a)

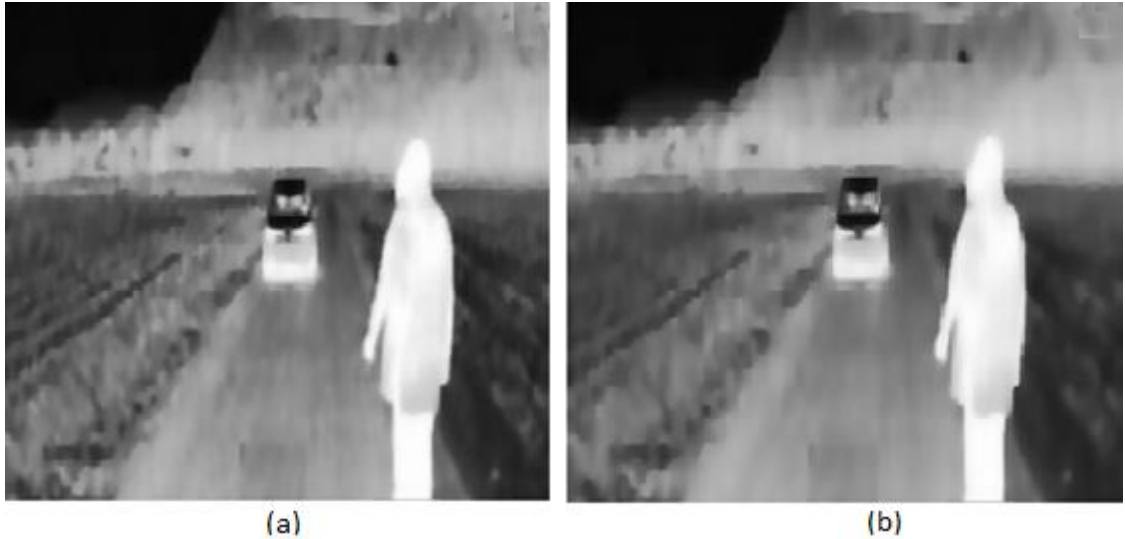
(b)

Şekil 4.18 3. Görüntü için izotropik olmayan yayılım (a) $i=12$ ile elde edilen sonuç
(b) $i=24$ ile elde edilen sonuç

4. Test görüntüsünden elde edilen sonuçlar Şekil 4.19 ve Şekil 4.20 verilmiştir.



Şekil 4.19 4. Görüntü için gauss filtreleme (a) gauss filtresi ile elde edilen sonuç ($\sigma=6$)
(b) gauss filtresi ile elde edilen sonuç ($\sigma=12$)



Şekil 4.20 4. Görüntü için izotropik olmayan yayılım (a) $i=12$ ile elde edilen sonuç
(b) $i=24$ ile elde edilen sonuç

Tasarlanan algoritmanın bu aşamasında gauss filtresi ile düzgün olmayan yayılım algoritmasından elde edilen çıkış görüntüleri üzerinde gürültü hassasiyeti açısından farklılıklar görülmektedir. Gauss filtresi gürültü olarak düşünülen alçak frekansları yeterince temizleyememektedir. Filtrenin

4.3 Bölütleme

Bölütleme işlemi, alınan görüntü matrisi ya da vektörün ilgilenilen alt-parçaları olan nesne ya da bölgelerine ayrıştırılmasını amaçlar [1]. Bölütleme sonucunda görüntüyü meydana getiren bu alt bileşenler bağımsız olarak değerlendirilebilmekte ve ilgilenilen bölge ya da nesnenin tespit edilmesi sağlanmaktadır. Bölütleme işlemleri sonucunda elde edilen ilgilendiğimiz nesne ya da bölgeye ait veriler özellik çıkartma için sonraki işlem modülüne gönderilir.

Bölütleme işleminin OHT gibi otonom sistemler için karmaşık ve yoğun işlem yükü gerektiren bir işlemdir. Bunun nedeni OHT sistemlerinin otonom olması yani mümkün olduğunca kullanıcı müdahalesine izin verilmemesidir. Sistem tasarımcısının sistem için en uygun donanım ve yazılım yapılarını seçme ve tasarlama dışında sisteme müdahale şansı olmamaktadır. Donanım yapıları açısından farklı zaman dilimleri ve bölgeler için uygun sensör seçimi ya da optik düzenek normalizasyonları bölütleme aşamasında önemli avantajlar sağlamaktadır.

4.3.1 Kenar Belirleme

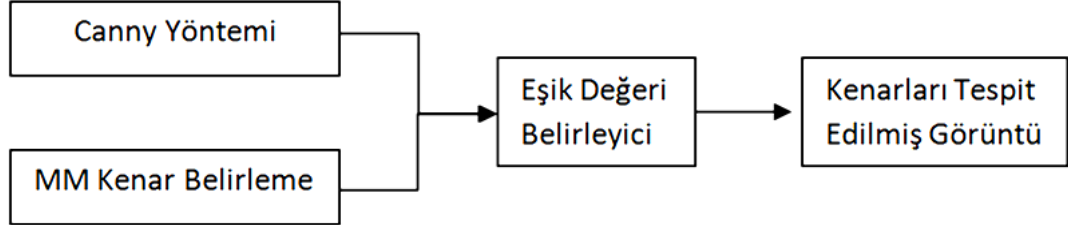
Kenar belirleme, görüntü işleme sistemlerinin farklı aşamalarında kullanılan ve süreksizlik noktalarının tespitini amaçlayan bir veri elde etme yöntemidir. Kenar bilgileri, yani süreksizlik noktaları fiziksel olarak bir cisim sınır noktalarını ya da bölgenin başlangıç ve bitiş noktalarını ait bilgileri içeren önemli verilerdir [28]. Sıklıkla kullanılan kenar belirleme yöntemleri

- Diferansiyel Tabanlı Kenar Belirleme, Prewitt, Sobel, Robert...
- Matematiksel morfoloji tabanlı, gri seviye MM işlemleri ile kenar belirleme

olarak sınıflandırılabilir. Diferansiyel tabanlı kenar belirleme algoritmaları kolay uygulanabilir ve basit olması açısından avantajlıdır. Bununla birlikte gürültü hassasiyeti açısından dezavantajlara sahiptirler. Matematiksel morfolojik kenar belirleme yöntemleri son yıllarda sıklıkla kullanılmaya başlanan kullanışlı bir yöntemdir. Tez çalışmasında canny kenar belirleme yöntemi ile MM kenar belirleme yöntemi paralel olarak kullanılacaktır

4.3.1.1 Geliştirilen Kenar Belirleme Yöntemi

Canny kenar belirleme ve MM kenar belirleme [24] yöntemleri paralel olarak kullanılacak ve uygun bir eşik değeri belirleme yöntemiyle de eşik son basamak olarak kullanılıp kenar belirlenmiş olunacaktır.



Şekil 4.21 Kenar belirleme yöntemi blok diyagramı

Canny kenar belirleme yöntemi, diferansiyel tabanlı kenar belirlemelerden farklı olarak 3 temel matematiksel kriteri baz almaktadır. Kenar belirlemede tespit değeri, konum değeri ve tek kenar cevabı olarak adlandırılan 3 değer in sağ lamasını temel alan [41] canny kenar belirleme algoritmasının diğer kenar belirleme yöntemlerine nazaran daha iyi sonuçlar verdiği göz lenmiştir.

MM kenar belirleme iş leminde, uygun bir yapısal element (SE) seç ilerek, görüntünün gri seviye matematiksel morfoloji iş lemine tabi tutulmaktadır. Gri seviye matematiksel morfoloji için seç ilen YE matrisleri sadece 1-0'lerden değil ikili olmayan sayısal değerlerden den oluşabilir. Aşağıda (4.15)'de algoritmada kullanılan çeşitli boyutlarda YE matrislerine örnekler verilmiştir.

$$YE_1 = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad YE_2 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 3 & 1 & 0 \\ 1 & 3 & 5 & 3 & 1 \\ 3 & 5 & 7 & 5 & 3 \\ 1 & 3 & 5 & 3 & 1 \\ 0 & 1 & 3 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad YE_3 = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad (4.15)$$

Canny yöntemiyle beraber kullanılan MM kenar belirleme algoritmasına göre yukarıda verilen YE'lerden uygun biri kenarı belirlenecek olan görüntü ile noktasal çarpma iş lemine tabi tutulur. 3x3 matris için, elde edilen 9 eleman büyükten küçüğe ve küçükten büyüğe doğru olarak sıralanan dokuz elemanlı iki vektör elde edilir [24]. Bu

vektörler arasında çıkartma işlemi sonucunda yeni bir fark vektörü oluşur [24]. Bunun sonucunda elde edilen fark vektörü, YE'in etkili olduğu piksel bölgesinde bulunan elemanlar arasındaki kenar bilgilerini içerir. Algoritmanın çalışma basamakları,

1. Uygun YE seçilmesi
2. YE ile görüntünün noktasal çarpım işlemi

$$S = YE \odot f'(x, y) \quad (4.16)$$

3. Uygun α ve β katsayılarının tespit edilmesi

4. $\alpha \times S \{ \max(1) \} - \beta \times S \{ \min(1) \}$

$$\alpha \times S \{ \max(2) \} - \beta \times S \{ \min(2) \}$$

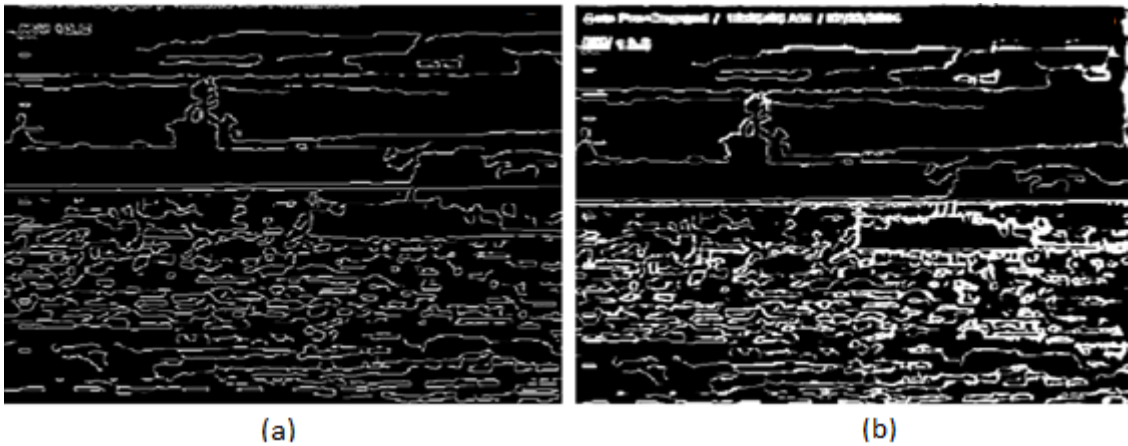
$$\vdots \quad \quad \quad \vdots$$

$$\alpha \times S \{ \max(n-1) \} - \beta \times S \{ \min(n-1) \}$$

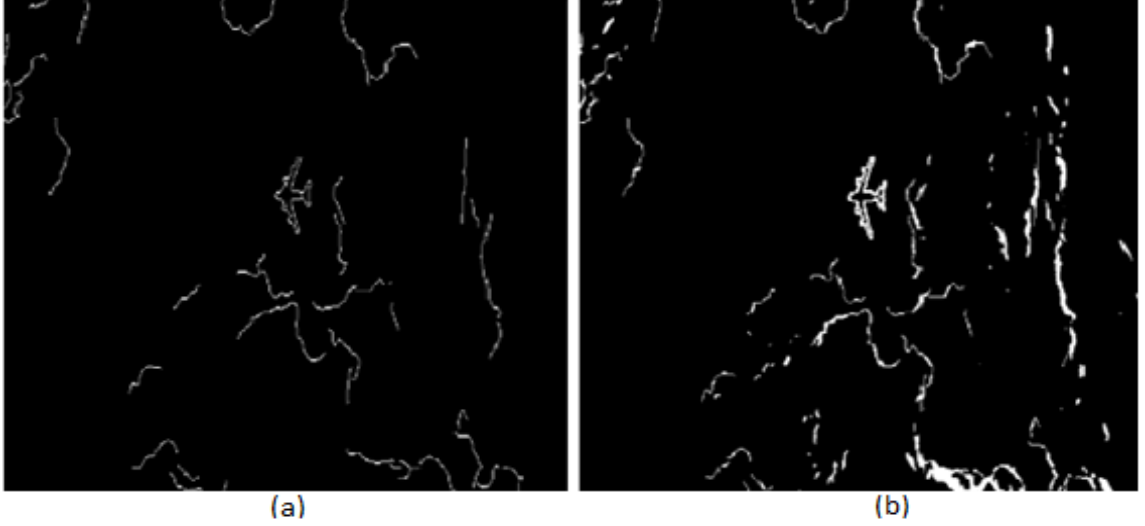
$$\alpha \times S \{ \max(n) \} - \beta \times S \{ \min(n) \}$$

5. Görüntüdeki kenar olmayan piksellerin bastırılması ve kenar olan piksellerin bastırılması için Ortalama ve standart sapmalar hesaplanır.

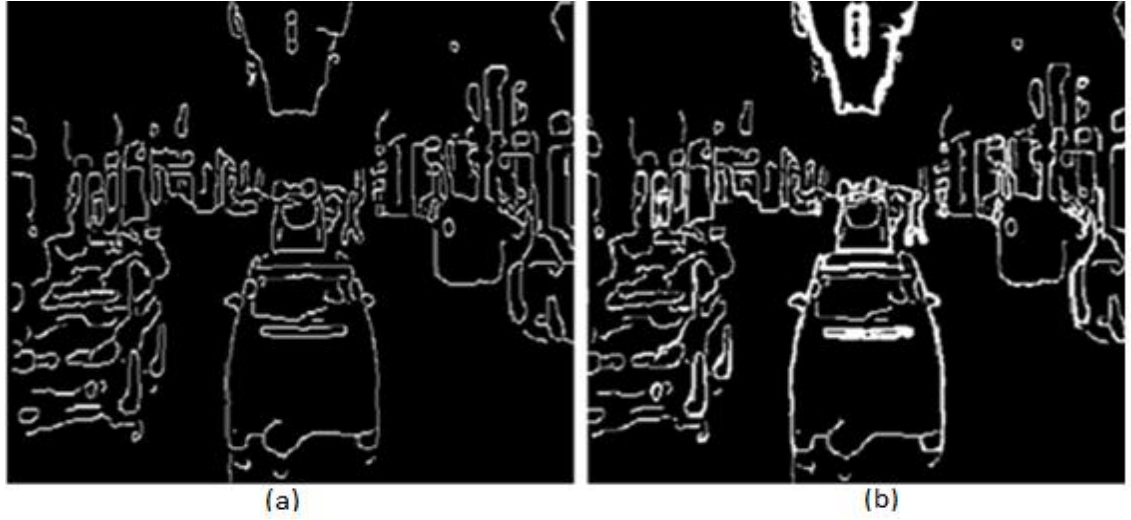
Şekil 4.22 ve Şekil 4.25'de Canny, MM kenar belirleme yöntemlerinin çıkış görüntüleri verilmiştir.



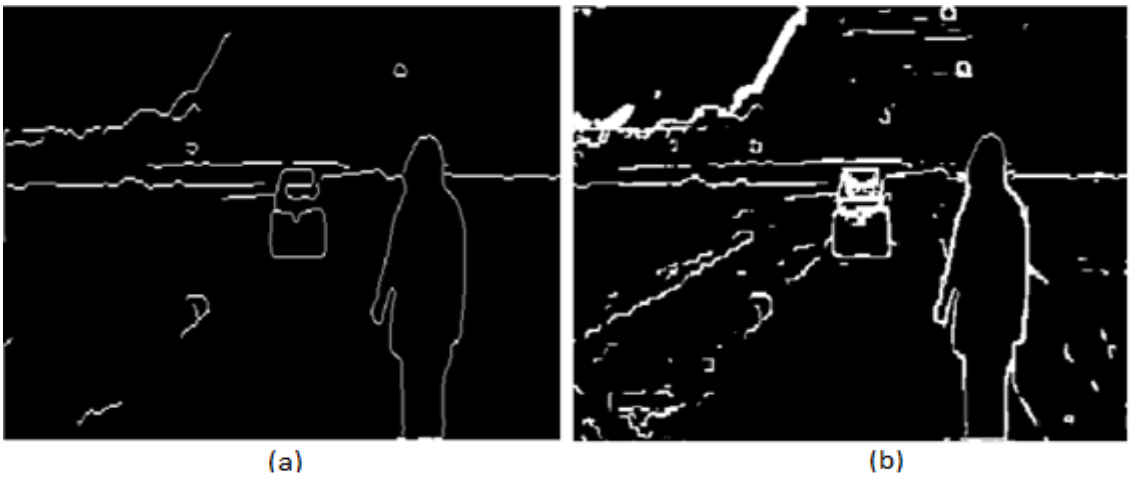
Şekil 4.22 1. Görüntünün kenar belirleme uygulaması (a) Canny kenar belirleme algoritması (b) Geliştirilen kenar belirleme algoritması



Şekil 4.23 2. Görüntünün kenar belirleme uygulaması (a) Canny kenar belirleme algoritması (b) Geliştirilen kenar belirleme algoritması



Şekil 4.24 3. Görüntünün kenar belirleme uygulaması (a) Canny kenar belirleme algoritması (b) Geliştirilen kenar belirleme algoritması



Şekil 4.25 4. Görüntünün kenar belirleme uygulaması (a) Canny kenar belirleme algoritması (b) Geliştirilen kenar belirleme algoritması

Geliştirilen kenar belirleme sonuçları değerlendirildiğinden görülmektedir ki gürültü hassasiyeti bakımından Canny yöntemi kenar belirleme işlemi açısından birçok yönetime göre daha sistematik ve doğru sonuçlar vermektedir. Fakat bazı uygulama ve algoritmalar için canny yöntemi tek başına yeterli olmamaktadır.

MM kenar belirleme yöntemi Canny kenar belirleme yöntemine göre daha iyi sonuçlar vermektedir. α ve β katsayıları yöntemin kenar belirlemede farklı ağırlıkların oluşmasını sağlamaktadır. Çizelge 4.2’de 4 adet test görüntüsü için kullanılan ağırlık katsayıları verilmiştir.

Çizelge 4.2 MM kenar belirleme yöntemi için kullanılan ağırlık katsayıları

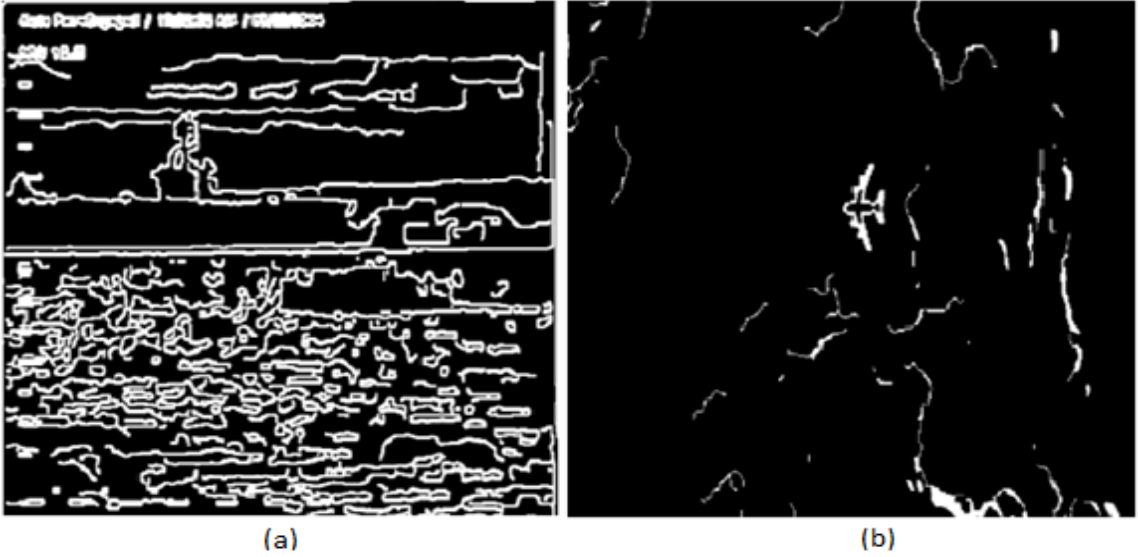
Katsayılar	1. Görüntü	2. Görüntü	3. Görüntü	4. Görüntü
α	0.8	0.59	0.7	0.75
β	1.6	1.63	1.75	1.75

MM kenar belirleme yönteminin dezavantajı ise daha önce de bahsedildiği gibi yönlü kenar tespitine olanak sağlamamasıdır. Ayrıca tespit edilen kenarlar Canny yöntemi sonuçlarına göre daha çok piksel ile ifade edilmekte bu da kenarların daha kalın olmasına neden olmaktadır. Bu tek piksel halinde kenarların elde edilememesi sorunu sonraki işlem basamaklarında bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Bu sorunun çözümü için yine MM yöntemler kullanılacaktır.

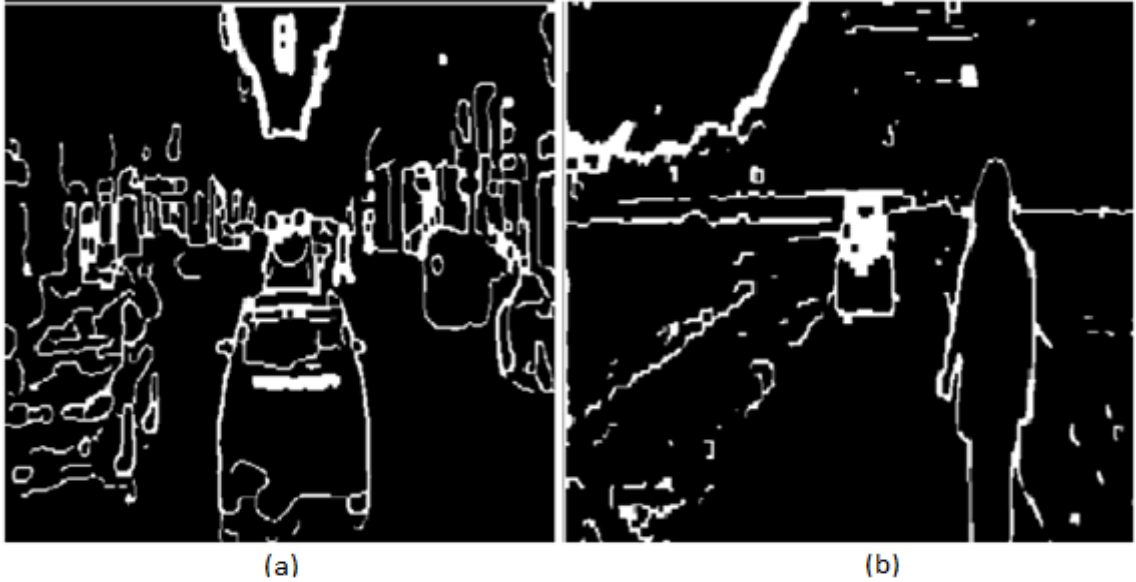
4.3.2 Morfolojik Kapama İşlemi

Kenar bilgileri elde edilen görüntünün sınır bütünlüğünü sağlamak diğer bir ifadeyle tam olarak tespit edilemeyen kenarların birleştirilmesi amacıyla önce genişletme daha sonra daraltma işlemi yapılacaktır. Burada kullanılan yöntem gri seviye MM görüntü işleme tekniğidir. Kullanılan bazı YE’ler (4.17)’de verilmiştir [23].

$$YE_1 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad YE_2 = YE_2 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad YE_3 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (4.17)$$



Şekil 4.26 MM kapama işlemi (1. ve 2. görüntüler) (a) 1. Görüntü MM kapama
(b) 2. Görüntü MM kapama



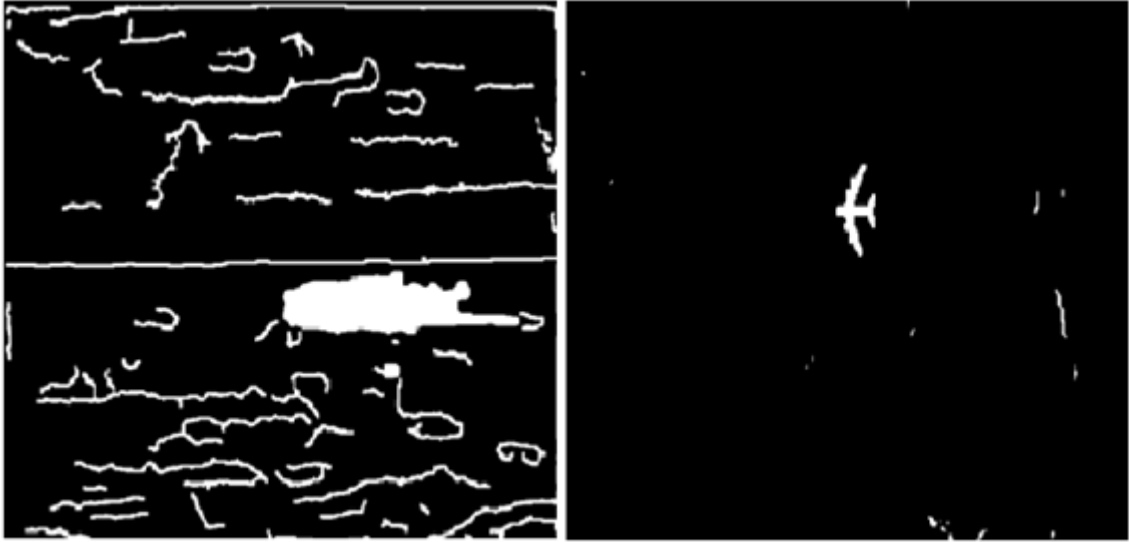
Şekil 4.27 MM kapama işlemi (3. ve 4. Görüntüler) (a)- 3. Görüntü MM kapama
(b) 4. Görüntü MM kapama

Bu YE'ler problemin yapısına, giriş görüntüsüne ve donanım yapısı gibi parametrelere göre seçilmektedir. MM kapama işlemi hedef olabilecek olası nesne ya da bölgelerin kenar bölgelerinin eksiksiz olarak elde etmeyi amaçlar. Bu sınır bölgelerinin elde edilmesi nesne ve bölge bütünlüğünün sağlanması için önemlidir.

4.3.3 Kapalı Pikel bölgelerinin doldurulması

Kenar Belirleme yöntemleri ve kapama işlemi ile mümkün olduğu kadar kapalı bölgelerin elde edilmesi amaçlanmaktadır. Bu aşamada ise bu kapalı bölgelere ait

piksellerin bütünlük oluşturulması için aynı genlik değerine çekilmesi gerekmektedir. Bunun için kapalı bölgelerin iç kısımları için doldurma işlemi yapılmalıdır.



(a)

(b)

Şekil 4.28 Kapalı bölgelerinin doldurulması (1. ve 2. Görüntüler) (a) 1. Görüntü için kapalı bölgelerinin doldurulması (b) 2. Görüntü için kapalı bölgelerinin doldurulması



(a)

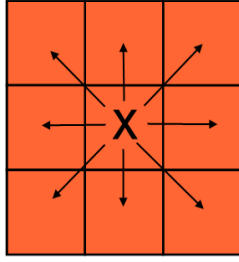
(b)

Şekil 4.29 Kapalı bölgelerinin doldurulması (3. ve 4. Görüntüler) (a) 1. Görüntü için kapalı bölgelerinin doldurulması (b) 2. Görüntü için kapalı bölgelerinin doldurulması

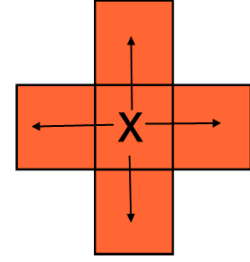
4.3.4 Bağlı Bileşen Etiketleme Yöntemi

Bölütleme işlemlerinden olan MM kapama işleminden sonra elde edilen matrislere ait piksel değerlerinin birbiri ile bağlı olma analizi yapılır. Burada 'bağlı olma' durumu piksel değerlerinin komşuluk ilişkisi açısından değerlendirilir. Aynı bölge ya da nesneye ait olduğunu anlamak için bölgelere aynı genlik değeri ile etiketlenecektir.

$f'(x, y)$ işlenecek görüntü matrisi olmak üzere ve F ile B bağlı pikseller içeren iki bölge olarak tanımlansın. C ifadesi, 4 ve 8 komşuluk durumunu göstermektedir.



8 komşuluk



4 komşuluk

Şekil 4.30 Bağlı Bileşen Analizinde komşuluk ilişkisi

$p_0 = P$, $p_n = Q$ olmak üzere P ve Q pikselleri bağlı pikseller olarak değerlendirilebilmesi için, (p_0, p_1, \dots, p_n) pikselleri için $\forall 1 \leq i \leq n$ olmak üzere p_i ile p_{i-1} pikselleri komşu olmaları gerekmektedir [38].



Şekil 4.31 4 ve 8 komşuluk ilişkisinde aktif olan bazı komşu pikseller

Böylece komşu olan pikseller tespit edilerek aynı etiket, yani aynı piksel genlik değeri verilerek gruplandırılır. Şekil 4.54'te 1,2,3,4 numaralı pikseller x pikseli ile aynı genlik değerini alırken 5 ve 6 numaralı pikseller komşu oldukları y pikseli ile aynı genlik değerini alacaktır.

Bu işlem aracılığı ile nesne ya da bölgelerin homojen genlik değerine sahip olması sağlanarak özellik çıkartma işleminden olan nesnelerin ayrıştırılması aşamasında işlem kolaylığı sağlanması amaçlanmaktadır.

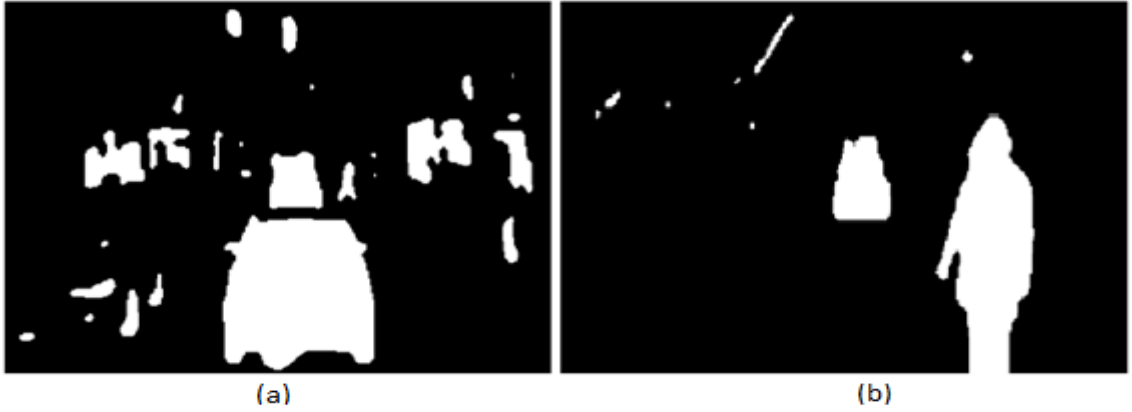
4.3.5 Medyan Filtre

Sınır bölgeleri tespit edilen, iç bölgelerdeki pikseller bölütlenen kapalı bölgeler oluşturulduktan sonra medya filtre ile nesne olma ihtimali düşük olan küçük piksel bölgelerinin ya da gürültü olan bölgelerin elenmesi amaçlanmaktadır.

Medyan filtre işlemi, uzamsal bir filtre olup 2. Bölümde Uzamsal Görüntü iyileştirme başlığı altında teorik olarak anlatılmıştır. Aşağıda algoritmanın çıkış görüntü verilmiştir.



Şekil 4.32 Medyan filtre uygulanması (1. ve 2. görüntüler) (a) 1. Görüntü için medyan filtre uygulanması (b) 2. Görüntü için medyan filtre uygulanması



Şekil 4.33 Medyan filtre uygulanması (3. ve 4. görüntüler) (a) 1. Görüntü için medyan filtre uygulanması (b) 2. Görüntü için medyan filtre uygulanması

Yukarıda verilen görüntü çıktıları, medyan filtre ile gürültülerden arındırılmış görüntülerdir. Medyan filtre 1. görüntü için 7×7 boyutunda, 2. görüntü için 13×13 boyutunda, 3. görüntü için 5×5 boyutunda ve son olarak da 4. görüntü için 7×7 boyutunda şablonlar kullanılarak işletilmiştir. Matlab yazılımı şablon boyutu değişken olacak şekilde yazılmıştır. Böylece algoritma farklı gürültü yoğunluklarına için farklı boyutlarda filtre kullanma esnekliği sağlamaktadır.

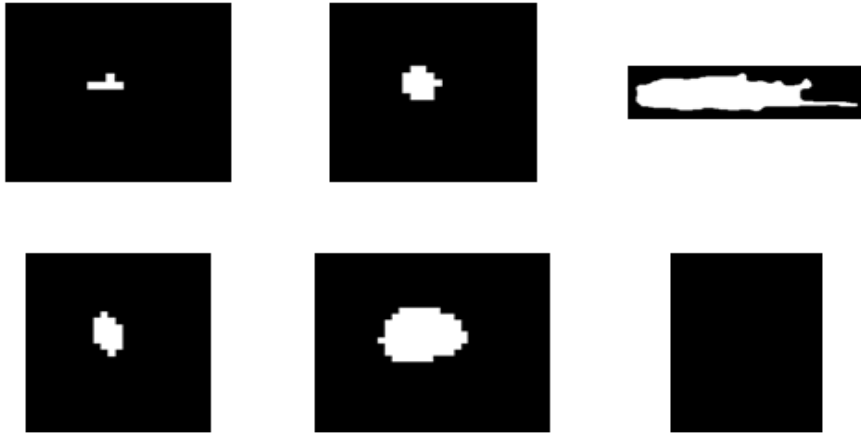
4.4 Özellik Çıkartma

Özellik çıkartma modülü çoğu zaman bölütleme işlemleri ile aynı kategoride değerlendirilen bir işlemdir. Bu modül işlemleri sırayla nesnelerin ayrıştırılması, dönme ve boyut bağımsızlıklarının sağlanması ve özellik vektörünün elde edilmesi olarak sıralanmaktadır.

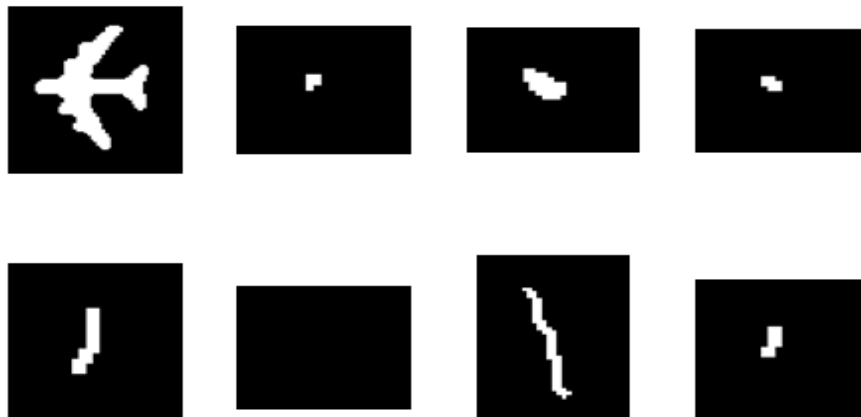
4.4.1 Nesnelerin Ayrıştırılması

Bağlı bileşen analizinde (CCL) piksellerin komşuluk ilişkileri açısından etiketleme işlemi yapılmıştır. Böylece birbirine komşu olmayan, herhangi ilişkili bir piksel grubu barındırmayan bölgelerin birbirinden ayrıştırılması sağlanmaktadır.

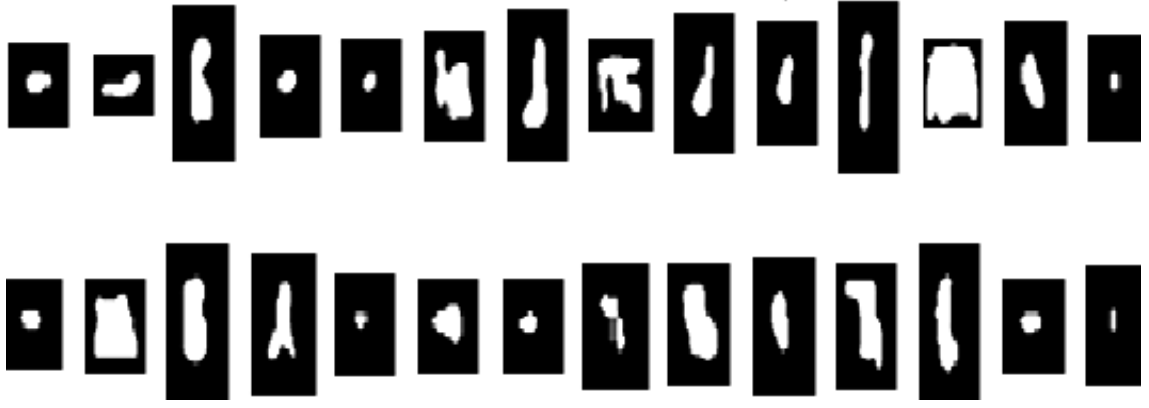
Bölütlenen aynı etiket değeri alan pikseller ayrı nesne olarak değerlendirilerek görüntü içindeki muhtemel bütün nesne ya da bölgelerin ayrışması sağlanır.



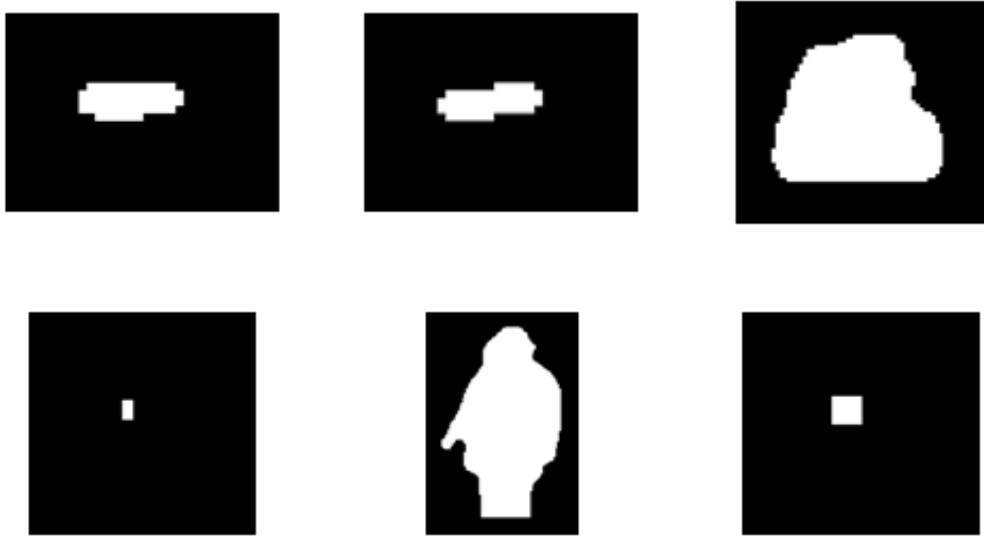
Şekil 4.34 1. Görüntünün olası hedeflere ayrıştırılması



Şekil 4.35 2. Görüntünün olası hedeflere ayrıştırılması



Şekil 4.36 3. Görüntünün olası hedeflere ayrıştırılması



Şekil 4.37 4. Görüntünün olası hedeflere ayrıştırılması

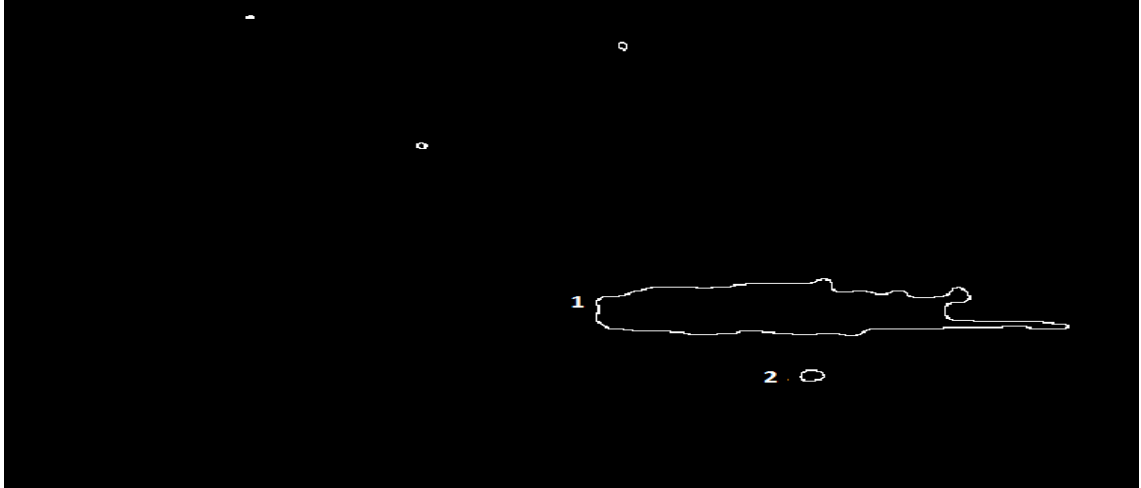
Yukarıda elde edilen olası hedefler ayrı matrisler halinde elde edilerek karar verme aşamında büyük işlem kolaylığı sağlamaktadır.

4.4.2 Döndürmeden ve boyuttan Bağımsızlık

OHT sistemleri yapı itibariyle otonom sistemlerdir. Bu nedenle diğer sistemlerden farklı olarak giriş verilerinin her koşulda tanınabilmesi sistemin algoritmasının başarımı açısından önemli bir kriterdir. OHT sistemlerinin aynı hedefin döndürülmüş görüntülerini tanıyabilmesi sistemin güvenilirliği ve otonom yapısı açısından gereklidir. Bu özelliğin sağlanması amaçlanırken optimum hafıza kullanılması donanım gerçekleştirilmesi açısından avantaj sağlayacaktır. Ayrıca OHT sistemlerinin aynı hedefe ait farklı boyutlarda giriş verilerinin tanınabilmesi de gereklidir.

Boyuttan bağımsızlık aynı enformasyonun farklı datalar ile ifade edilmesinden kaynaklanan bir sorundur. Karar verici konumunda bulunan OHT sisteminin aynı ya da benzer enformasyonu içeren hedef ya da hedefleri tanıyabilmesi gerekmektedir. Tasarlanan OHT algoritmasında boyut normalizasyonu işleminin AT ile yapılarak farklı boyutlardaki aynı nesnenin tespit edilmesi önerilmiştir. Boyut normalizasyonu için daha önce anlatılan AT yeniden boyutlandırma matrisi kullanılarak basit bir şekilde boyut farklılıkları sorununa çözüm getirilebilmektedir.

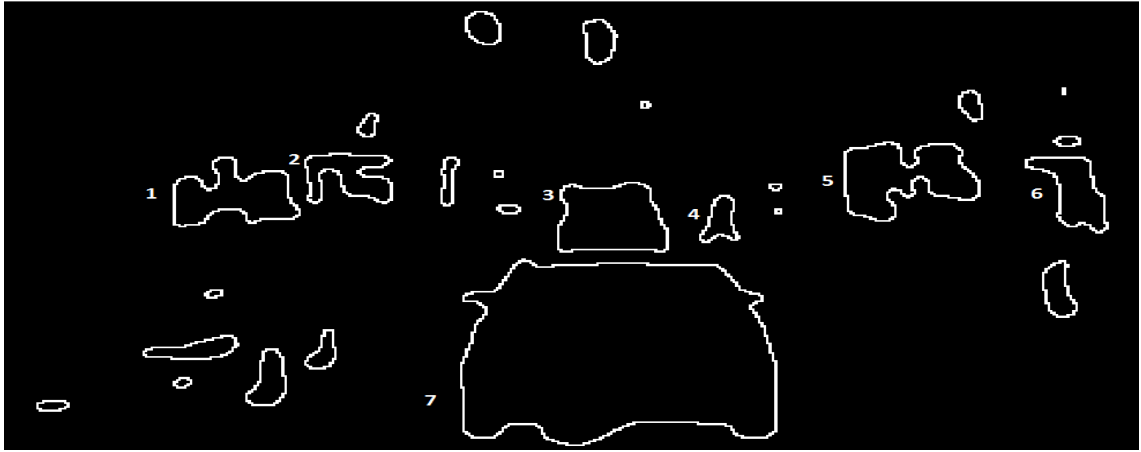
Freeman zincir kodlaması [1] sayesinde ise döndürülmüş hedeflerin ayırt edilebilmesi amaçlanmıştır. Zincir koduna uygun hale gelmesi için görüntülerin tek piksel şeklinde sınır değerleri tespi edilmelidir. Şekil 4.38 ve Şekil 4.41 verilen test görüntüleri içerdikleri nesne sayılarına göre numaralandırılmıştır.



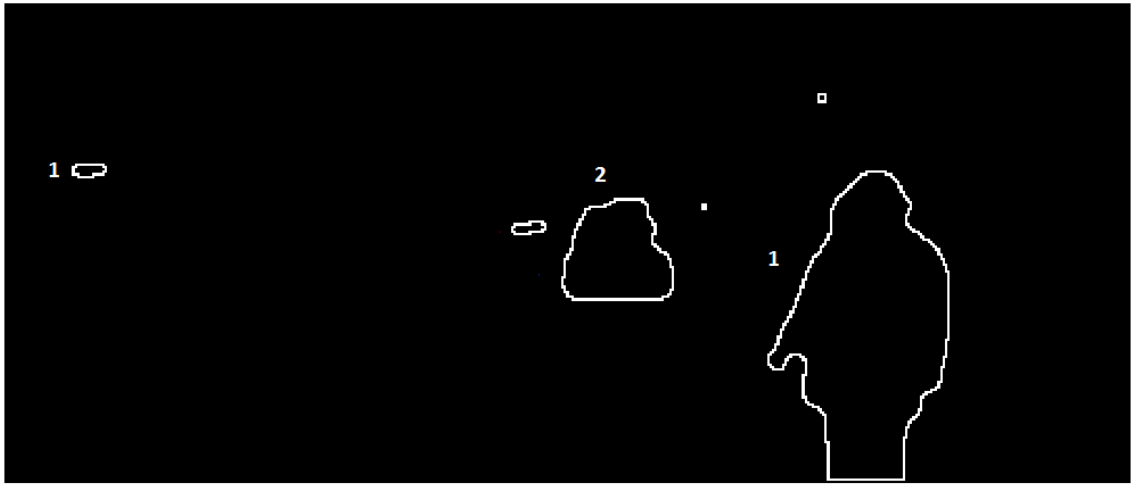
Şekil 4.38 Sınırlarının tek piksel halinde elde edilmesi 1. görüntü



Şekil 4.39 Sınırlarının tek piksel halinde elde edilmesi 2. görüntü

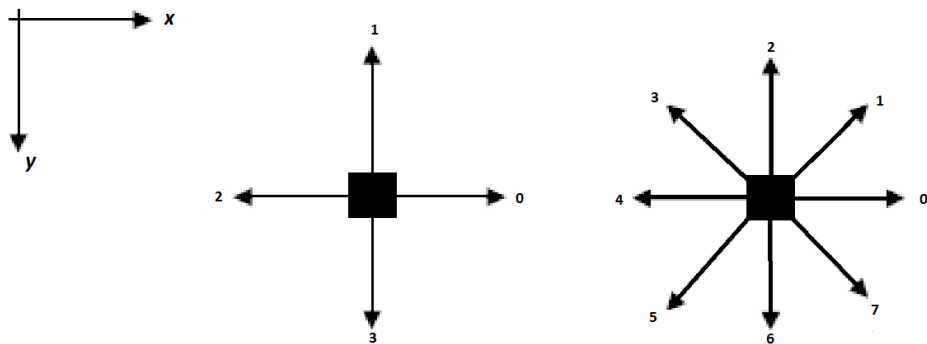


Şekil 4.40 Sınırlarının tek piksel halinde elde edilmesi 3. görüntü



Şekil 4.41 Sınırlarının tek piksel halinde elde edilmesi 4. görüntü

Bu aşamadan sonra, piksel komşuluk ilişkileri aşağıda verilen zincir kodlamasında kullanılan 4 ve 8 komşuluk ilişkisi [1] kullanılarak görüntüye ait zincir kodu elde edilmektedir.



Şekil 4.42 Zincir kodlaması komşuluk ilişkisi

Zincir kodu, Şekil 4.42’de gösterilen yön ve değerler kullanılarak piksellerin yönü ve tekrar derecesine göre elde edilir [1]. Zincir kodlaması literatürde çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır [1].

Freeman zincir kodlaması yapısı itibari ile dairesel olan bir kodlama çeşididir [1]. Dairesel olması Şekil 4.40’da verilen kodlama yapısından kaynaklanmaktadır. Kodlamanın dairesel bir özelliğe sahip olması kullanıldığı alanlarda çeşitli avantajlar sağlamaktadır. Freeman zincir kodunun birincil dereceden fark değeri Freeman zincir kodlamasının kullanıldığı ikinci bir kod dizisi olarak elde edilir [1]. Örneğin sürekli zamanda (ara piksel değerlerinin oluşmadığı ortam) bu özellik sayesinde aynı nesnenin farklı çözünürlükte olması ya da herhangi bir açıyla döndürülmüş olması nesnenin zincir kodunun birincil fark değerinin değişmediği görülmektedir [1]. Freeman zincir kodunun birincil dereceden fark değeri için kullanılan kod dönüşüm ifadesi c_j Freeman zincir kodunun j . elemanı ve k kodun toplam uzunluğu olmak üzere (4.18)’de verilmiştir:

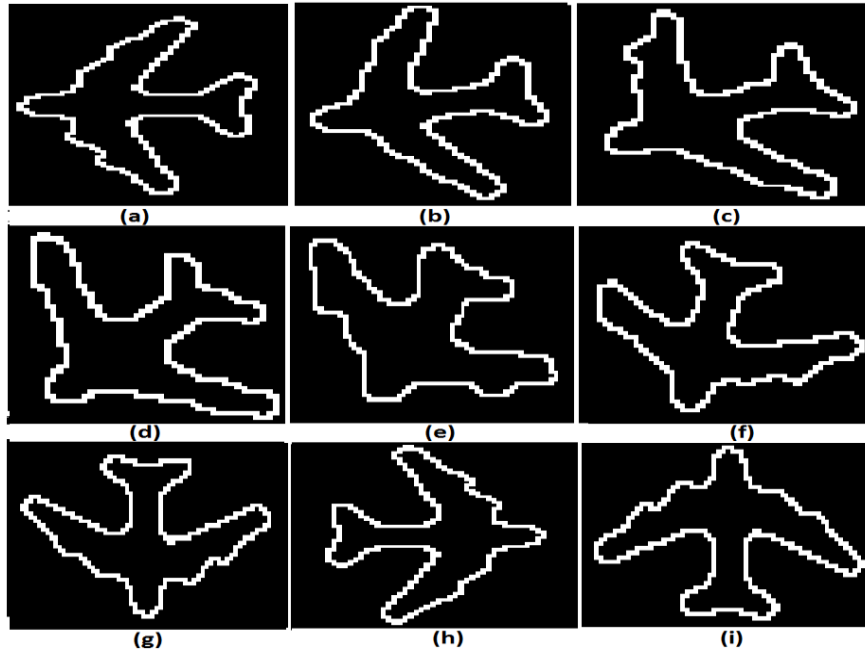
$$\text{diff}(c_j) = \text{mod}_8(c_{j+1} - c_j), \quad j \in \{1, 2, \dots, k\} \quad (4.18)$$

Fark kodu tek başına dönme ve öteleme problemlerine çözüm oluştursa da üçüncü bir problem olan ölçekleme sorununa çözüm olamaz. Bunun nedeni nesnenin kameraya olan uzaklığının değişmesi ile çevresinin büyümesi veya küçülmesi sonucunda zincir kodunun da uzaması veya kılmasıdır. Bir başka deyişle aynı nesneden elde edilen farklı çözünürlükte görüntülerden elde edilen Freeman zincir kodunun birincil dereceden fark değeri farklı olmaktadır. Bu da fark kodunun çeşitli uygulamalarda nesneye ait bir karakteristik olmasına engel olmaktadır. Diğer bir deyişle fark kodunun uzunluğunu değiştirdiği durumda uzun bir kodu kısa bir kodla karşılaştırma problemini ortaya çıkartır. r döndürme açısını göstermek üzere, bunun çözümü olarak fark kodunun ortalaması kullanılabilir:

$$D_{\text{ort}}(r) = \frac{\sum_{j=1}^k \text{diff}(c_j)}{k} \quad (4.19)$$

Fark kodunun kendisi yerine ortalamasının kullanılması hem ölçekleme sorununa çözüm oluşturur, hem de karar ve değerlendirme aşamasına aktarılacak bilgi miktarını

skaler bir değere indirger. Bu değer aynı nesne için ayrık uzaydan kaynaklı bazı sapmalar dışında belirli bir aralıkta seyredeceği ön görülmektedir.



Şekil 4.43 2. Test görüntüsüne ait değişik açılarda döndürülmüş hedef. Döndürme miktarları (a)'dan (i)'ye sırasıyla 0, 15, 30, 45, 60,75, 90, 180 ve 270 derecedir.

Uçak görüntüsüne ait Şekil 4.43'de verilen 60×40 piksel görüntüsüne ait sınır piksellerinden bir kısmı için zincir kodu ifadesi c_j j .nci zincir kodunu ve $diff(c_j)$ ifadesi ise zincir kodunun birincil dereceden fark değerini göstermek üzere, bu ifadeler aşağıda gösterilmiştir.

$$c_j : 2 2 2 2 4 2 4 4 6 4 4 6 4 4 6 4 4 6 4 4 6 4 4 6 4 4 6 4 4 6 4 4 6 4 4 \dots$$

$$diff(c_j) : 2 0 0 0 6 2 6 0 6 2 0 6 2 0 6 2 6 2 6 2 0 6 2 0 6 2 0 6 2 0 \dots$$

Burada $diff(c_j)$ değerleri aynı cisim için cismin döndürme açısına bağlı olmak üzere sabit bir vektördür [1]. Fakat bu kodun büyük hedef bölgeleri için yüksek oranda veri içermesi, donanımsal olarak uygulanabilirliği olmaması ve farklı çözünürlük değerleri için karşılaştırılmaz olmasından, farklı uzunluktaki vektörlerin karşılaştırılmaması, dolay bu değerler ağırlıklı ortalama alınarak normalize edilmesi kararlaştırılmıştır. Zincir kodunun fark değerinin normalize edilmiş toplam değeri D_{ort} için sonuçların hedefe özgü bir değer olup olmadığı araştırılmış ve sonuçlar aşağıda çizelgeler halinde verilmiş.

Ayrıca D_{ort} dışında doğrudan zincir kodunun ortalama değeri normalize edilerek bu değerin nesneyi temsil eden kriter olup olmadığı araştırılmıştır. Böylece kodlamanın dairesel özelliği kullanılarak sisteme döndürmeden bağımsızlık özelliği kazandırılması amaçlanmıştır. Zincir kodunun normalize edilmiş skaler değerinin yüksek oranda sapmalar oluşturduğu ve ara açı değerlerinde farklı nesnelere aynı değeri verdiği gözlenmiştir. Dolayısıyla bu değerin nesneye ait ayırt edici bir karakteristik olmadığı anlaşılmıştır.

Döndürmeden bağımsızlık özelliğinin sağlanması amacıyla öncelikle aşağıda verilen ve test görüntülerinin $15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 90^\circ, 180^\circ$ ve 270° döndürülmüş olan şeklin zincir kodu hesaplanacaktır. Döndürülmüş görüntüler için hesaplanan zincir kodunun dairesel fark değeri hesaplandığında, aynı görüntülerin çeşitli açılarla döndürülmesiye bu fark kodunun değişmediği görülmektedir [1]. (4.16) zincir kodunun fark değerinin ağırlıklı ortalama ifadesi verilmiştir.

$$\frac{\sum_{j=1}^k C_j}{k} = R_c(r) \quad (4.16)$$

ifadesi c_j vektöründen elde edilen skaler bir sayı olan $R_c(r)$ ağırlıklı ortalama değerini verecektir. $R_c(r)$ değeri yapılan analizler ve test sonuçlarında gösterildiği gibi nesnenin r döndürme açısına bağlı olarak aldığı değerler büyük sapmalar göstermektedir. Bu nedenler $R_c(r)$ ifadesinin nesneye ait ayırt edici bir karakteristik olarak kullanılamayacağı görülmektedir.

Test sonuçlarında $R_c(0), R_c(90), R_c(180)$ ve $R_c(270)$ açı değerleri için $R_c(r)$ skaler ifadesinin aldığı değerler aşağıda verilmiştir (1 ve 3 test görüntüleri için).

Çizelge 4.3 1. görüntü için döndürmeden bağımsızlık kontrolü

Normalize Zincir Kodu $D_{ort}(r)$	Döndürme Açıları (Derece)							
	0	15	30	45	60	90	180	270
1.nesne (hedef: Gemi)	1.46	2.00	1.52	1.14	1.38	1.46	1.46	1.46
2.nesne (Gürültü)	2.66	2.40	2.87	2.80	2.91	2.66	2.66	2.66

Çizelge 4.3 2. görüntü için döndürmeden bağımsızlık kontrolü ($diff(c_j)$)

Normalize Zincir Fark Kodu $D_{ort}(r)$	Döndürme Açılı (Derece)							
	0	15	30	45	60	90	180	270
1. nesne(hedef)	2.26	2.44	2.36	2.12	2.34	2.26	2.26	2.26
2.nesne	2.47	2.45	3.42	2.23	3.70	2.47	2.47	2.47
3.nesne	2.00	3.04	3.78	3.03	3.72	2.00	2.00	2.00
4.nesne	2.35	2.88	3.23	4.36	4.12	2.35	2.35	2.35
5.nesne	2.85	3.42	3.79	3.64	3.50	2.85	2.85	2.85
küçültülmüş hedef (%50)	1.70	1.69	2.09	1.89	1.77	1.70	1.70	1.70
küçültülmüş hedef (%75)	2.07	2.28	2.10	1.94	2.16	2.07	2.07	2.07

Çizelge 4.3 3. Görüntü için döndürmeden bağımsızlık katsayısı

Normalize Zincir Kodu $R_{ort}(r)$	Döndürme Açılı (Derece)			
	0	90	180	270
1. nesne(hedef)	2.93	3.09	2.91	3.07
2.nesne	3.01	2.99	3.01	2.99
3.nesne	3.08	3.04	2.91	2.97
4.nesne	2.76	3.33	2.67	3.24
5.nesne	2.90	3.10	2.86	3.14
6.nesne	2.85	3.15	2.82	3.18
7.nesne	3.03	2.97	3.05	2.95

Çizelge 4.3 4. Görüntü için döndürmeden bağımsızlık katsayısı

Normalize Zincir Fark Kodu $D_{ort}(c_j)$	Döndürme Açıları (Derece)							
	0	15	30	45	60	90	180	270
1. nesne(hedef)	1.98	1.90	2.08	2.42	2.40	1.98	1.98	1.98
1. nesne(hedef) %50	2.13	1.92	2.05	2.48	2.41	2.13	2.13	2.13
1. nesne(hedef) %25	2.43	2.10	2.34	2.53	2.55	2.43	2.43	2.43
2. nesne(hedef)	1.65	1.78	2.03	2.05	1.87	1.65	1.65	1.65
2. nesne(hedef) %50	1.74	1.86	1.76	1.85	1.94	1.74	1.74	1.74
2. nesne(hedef) %25	1.69	1.78	2.25	2.05	2.07	1.69	1.69	1.69

Bu sonuçlarda görüldüğü gibi zincir kodlarında elde edilen bu normalize katsayılar sınıflandırma algoritmasına gönderilmesi planlanan özellik vektörüne eklenerek döndürmeden bağımsızlık özelliğinin belirli ölçüde sağlanması amaçlanmaktadır. Test görüntüleri üzerinde yapılan denemeler sonuçlarında $D_{ort}(c_j)$ ifadesinin de aynı hedef ya da benzer sınır bölgelerine sahip görüntüler için yaklaşık bir değer etrafında seyrettiği görülmüştür. $R_c(r)$ ve $D_{ort}(c_j)$ ifadeleri karşılaştırıldığında ise $R_c(r)$ ifadesinde elde edilen sonuçların ara açı değerlerinde büyük sapmalar meydana getirdiği görülmektedir. Diğer yandan $D_{ort}(c_j)$ ifadesi özellikle alt piksel bölgelerinin oluştuğu ara açı değerleri için daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir.

4.4.3 Özellik Matrisinin Elde Edilmesi

Bu aşamada nesne olabilecek verilerin ayrıştırılmasından sonra elde edilen görüntünün alt matrislerinden sınıflandırma aşamasına gönderilecek verilerin seçilmesi yapılacaktır. Bu özellik matrisine ait matris elemanlarının mümkün olduğu kadar veriyi temsil eden, verinin karakteristik özelliklerini barındıran verilerden seçilmesi gerekmektedir. Sınıflandırma ve karar aşamasında hata oranının minimum olması özellik matrisinin veriyi temsil etmesine doğrudan bağlıdır.

Özellik matrisi elde edilirken kullanılan istatistiksel yöntemler arasında PCA, nesnenin kritik piksel bölgelerinin uzaklık tespiti gibi bazı yöntemler yaygın olarak kullanılmaktadır. PCA analizi önceki bölümlerde ayrıntılı bir şekilde anlatıldı. Nesnenin belirleyici bölgelerine ait piksellerin konum tespitine dayanan diğer istatistiksel yöntem basit ve işlem karmaşıklığı içermeyen bir yöntemdir. Bu yöntem giriş verisine bağımlı olduğu için pek tercih edilmemektedir.

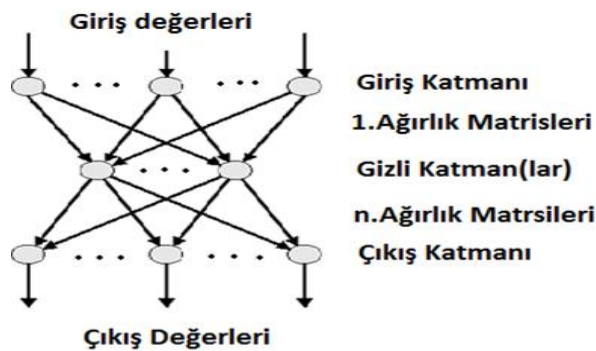
4.5 Sınıflandırma

Sınıflandırma aşamasında, algoritmanın önceki işlem bloklarından elde edilen görüntülerin özellik vektörlerinin Multi Layer Perceptron (MLP) yapısında hazırlanmış bir YSA modeline gönderilerek karar verilmesi amaçlanmaktadır.

Nesneyi tanımlayan özelliklerin seçilmesiyle oluşturulan tanımlayıcı vektör değerleri YSA ağına gönderilerek ağın eğitilmesi ve daha sonra ağa gönderilen yeni vektörlerin sınıflandırması yapılmaktadır.

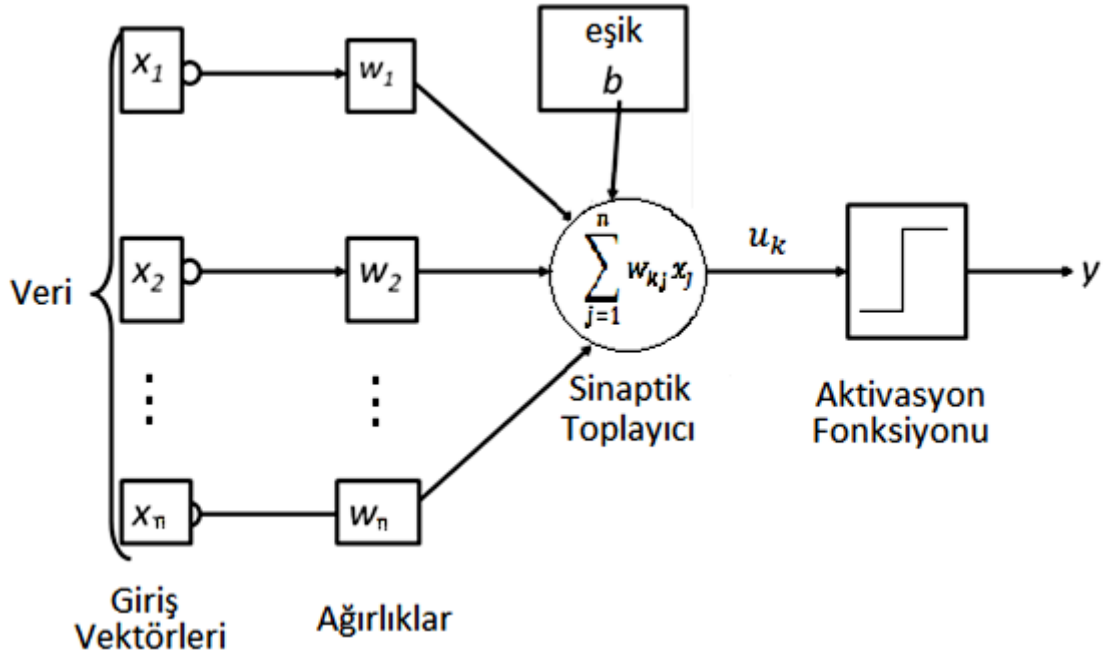
- İleri Beslemeli bir yapı
- Eğitici öğrenme kuralı
- Delta Learning Rule ya da BackPropagation kuralı
- Lineer ve lineer olmayan uygulamalara uygun bir yapı...

gibi özelliklere sahip algılayıcı kullanılabilir. Ağ modeli olarak MLP ile probleme uygun bir şekilde uyarlanarak kullanılması önerilmektedir. Aşağıda değişen sayıda gizli katmanlara sahip bir ağ modeli gösterilmiştir [39].



Şekil 4.44 YSA ağ katmanlarının gösterilmesi [40]

Bu ağ modeline giriş değeri olarak görüntülerden elde edilen x_n vektörleri verilir. Aşağıda girişler ve aktivasyon fonksiyonlarının gösterildiği şema verilmiştir.



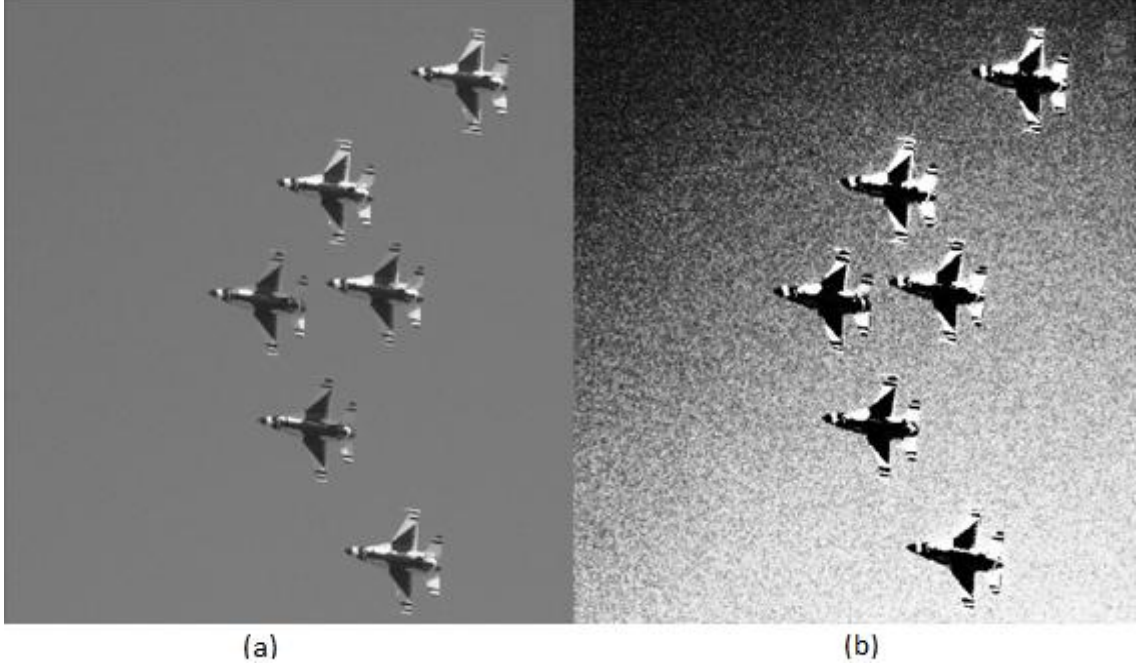
Şekil 4.45 YSA MLP yapısı [40]

Ağa bir giriş uygulandığında uygulanan girişler bir önceki katmandan bir sonraki katmana doğru çıkış katmanına kadar iletilir. Bu ileri yöndeki iletimdir. Eğitim aşamasında uygulanan giriş sinyali çıkış katmanına ulaştığında, elde edilen çıkış ile istenen çıkış arasındaki fark, yani hata sinyali geri yayılım ile giriş katmanına doğru sırasıyla iletilir. YSA ağlarında hatanın geriye yayılımı Delta kuralı yaygın kullanılan yöntemlerdendir. Bu kurala göre, elde edilen çıkış sinyalinden elde edilmek istenen sinyalin çıkarılması ile hata hesaplanır ve ağırlıklar güncellenir [40].

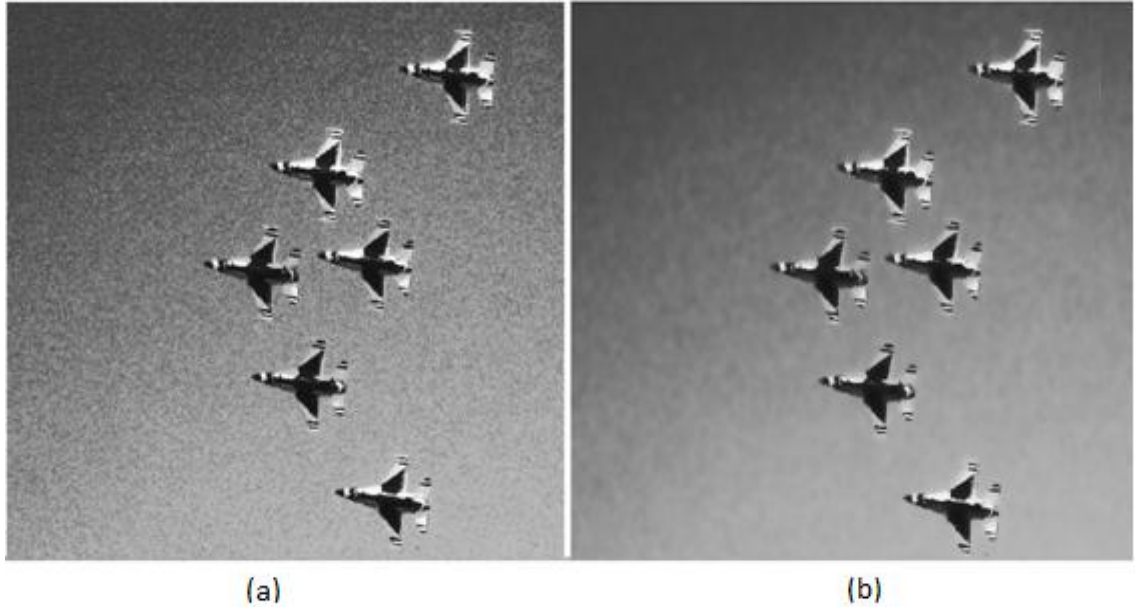
Sınıflandırma için kullanılacak yöntem ve uygulaması çalışmanın donanım yapısı üzerinde gerçekleşmesi tez çalışmasının dışında ön görülen çalışmalardır.

4.6 Test Çıktıları

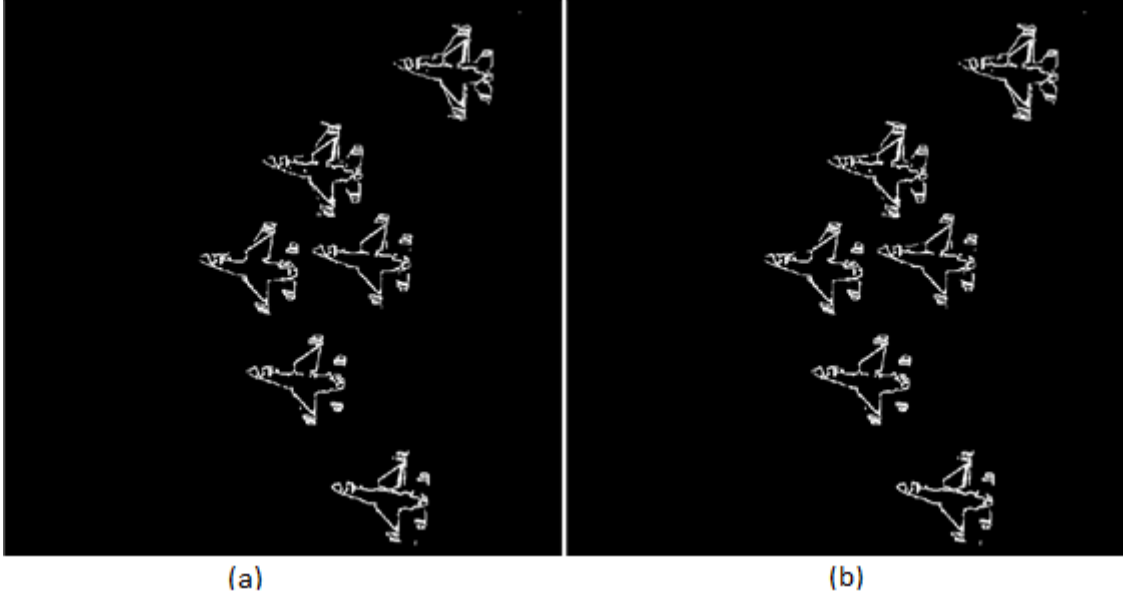
Aşağıda tasarlanan algoritmanın yeni bir test görüntüsüne uygulanarak elde edilen görüntü çıktıları bir arada gösterilmiştir.



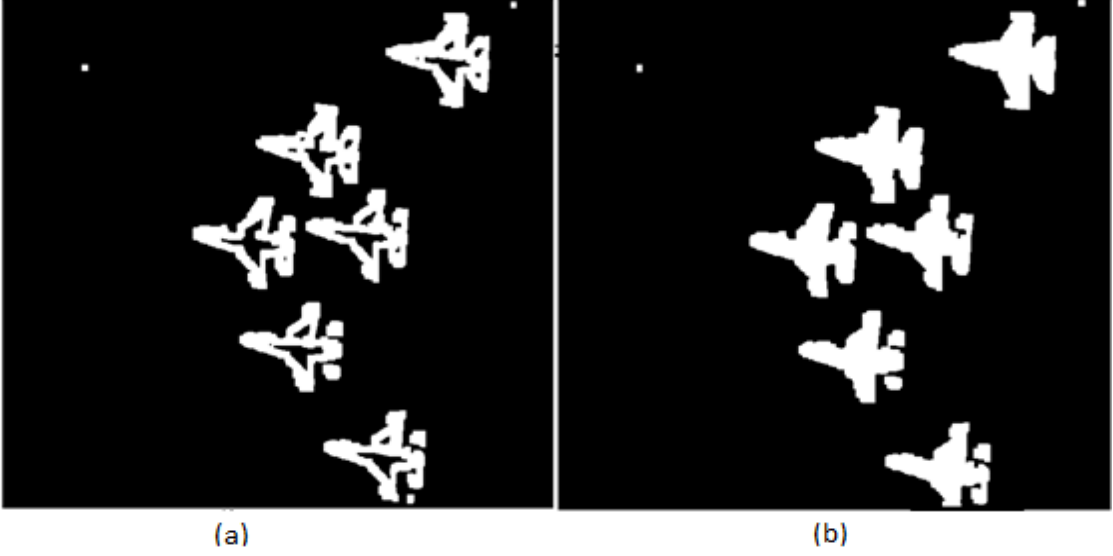
Şekil 4.46 1.Adım (a) Orijinal görüntü (b) Histogram eşleme



Şekil 4.47 2.Adım a- Histogram normalizasyonu b- İzotropik olmayan yayılım



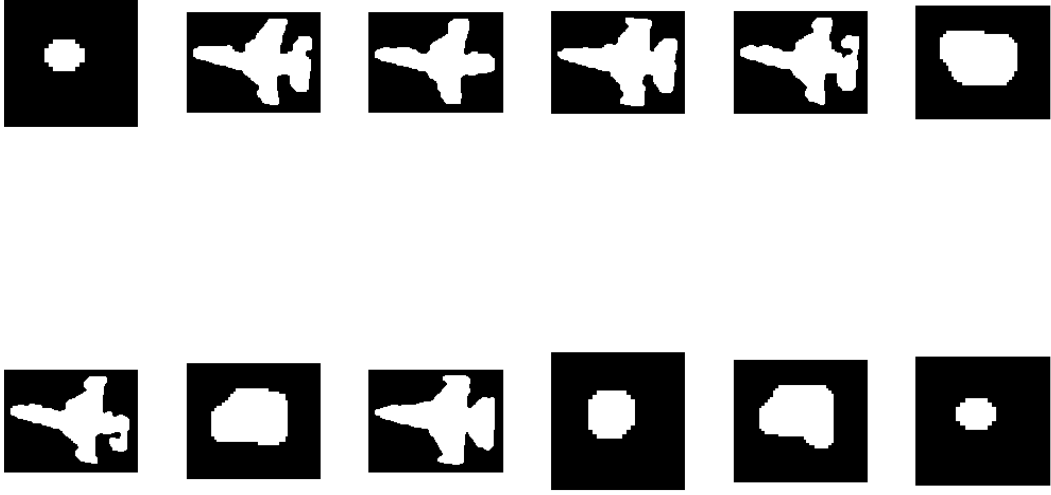
Şekil 4.48 3. adım (a) MM kenar belirleme (b) Tasarlanan kenar belirleme yöntemi



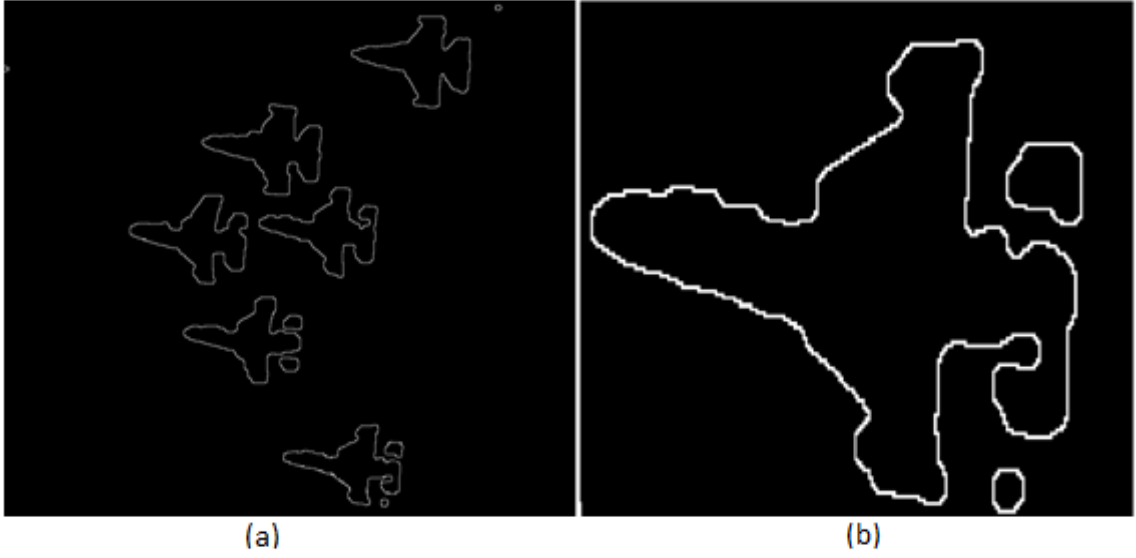
Şekil 4.49 4. adım (a) MM kapama ve açma işlemleri (b) CCL ile şekillerin doldurulması



Şekil 4.50 5. adım (a) MM kapama ve açma işlemleri (b) Medyan filtre



Şekil 4.51 6. adım hedeflerin ayrıştırılması



Şekil 4.52 7. Adım hedef obje

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, görüntü işleme tabanlı bir OHT sistemi donanım ve yazılım açısından detaylı bir şekilde incelenmiştir. OHT alanında yapılan literatür çalışmalarından farklı olarak Freeman zincir kodunun birincil fark değeri kullanılarak sisteme ait bir öznitelik araştırılması yapılmıştır. Elde edilen öznitelik kullanılarak sisteme döndürmeden bağımsızlık özelliği kazandırılması amaçlanmıştır. Ayrıca MM tabanlı bir kenar belirleme algoritması [24] ve Canny kenar belirleme yöntemi paralel bir şekilde kullanılarak yeni bir kenar belirleme yöntemi önerilmiştir. Böylece daha iyi bir bölütleme performansı sağlanması ve sistemin başarımının artırılması hedeflenmiştir. Matematiksel olarak incelenen ve yazılım olarak gerçekleştirilen bu yöntemler OHT yapısının daha iyi bir otonom yapı oluşturulmasına yöneliktir.

OHT sistem tasarımı için önerilen döndürmeden bağımsızlık öznitelik değeri, sistemin giriş verilerinden bağımsızlığının sağlanması, dolayısıyla otonom yapının kuvvetlendirilmesi amacıyla Freeman zincir kodlamasının dairesellik özelliğinin [1] kullanılarak elde edilmektedir. Bu özellikten yararlanılarak elde edilen sonuçlar üzerinden, aynı nesnenin döndürülmesi ile nesneye ait zincir kodunun dairesel fark değerinin değişmediği gözlenmiştir [1]. Bu fark kodunun yüksek çözünürlükteki görüntüler için fazla miktarda veri içermesi ve aynı nesneye ait farklı çözünürlükteki görüntüler için farklı uzunlukta veri kümesi üretmesinden dolayı zincir kodunun bu fark değerinin etkili bir şekilde kullanılması mümkün olmamaktadır. Bu soruna çözüm olarak önerilen yöntem ise zincir kodunun fark değerinin normalize edilmesi (ortalaması değerinin alınması) edilmesi ve elde edilen değer nesneye ait bir karakteristik katsayı olup olmadığının incelenmesidir. Elde edilen bu normalize skaler

değerler incelendiğinde görüldüğü üzere, aynı nesneye ait zincir kodu fark değerinin nomalize değeri belirli bir katsayı etrafında şekillenmektedir. Ayrıca bazı test görüntüleri için doğrudan zincir kodunun ortalama değeri hesaplanmış ve elde edilen skaler değerler incelenmiştir. Bu değerlerin ara döndürme açıları için büyük oranda sapma gösterdiği görülmüştür. Dolayısıyla bu katsayılar, farklı nesnelere için aynı değeri alabileceğinden sisteme döndürmeden bağımsızlık özelliğinin kazandırılmasında katsayının ayırt edici bir parametre olarak kullanılamayacağı anlaşılmıştır. Bu nedenle zincir kodunun ortalama değeri sadece birkaç açı değeri için hesaplanarak katsayının ayırt edici olmadığı ispatlanmıştır. Buradan zincir kodunun kendisinin yerine fark değerinin ortalama değerinin bir öznitelik olabileceği sonucuna varılmıştır.

Diğer yandan Freeman zincir koduna ait birincil dereceden fark kodunun ortalaması nesnenin ara açılarda döndürülmüş şekilleri için hesaplandığında elde edilen skaler değerlerin düşük sapmalar gösterdiği görülmektedir. Bu değerlerin belirli bir katsayı etrafında şekillenmesi, aynı nesnenin farklı açılarda döndürülmüş görüntülerinin saptanabilmesi için ayırt edici bir öznitelik olabileceği kararlaştırılmıştır.

Zincir koduna ait fark vektörünün ortalama değeri YSA girişine gönderilen özellik vektörüne eklenerek hedef cismin olası döndürülme etkisinin yok edilmesi amaçlanmaktadır. Elde edilen özneliğin kontrolü sayesinde, sisteme farklı bir nesneye ait görüntünün girilmesi durumunda katsayı büyük oranda değişmekte ve farklı cisim olduğu tespit edilebilmektedir. Döndürmeden bağımsızlık için hesaplanan fark kodunun ortalama değeri

1. Aynı nesneye ait döndürülmüş görüntülerde ara piksel değerler oluşmadığı durumda, teoride, çok az bir sapma göstermektedir. 0, 90, 180 ve 270 derecelerde (ara piksellerin oluşmadığı açı değerleri) elde edilen katsayıların, teoriye uygun olarak, aynı değerleri aldığı görülmüştür. Bunun nedeni daha önce bahsedilen ara piksel değerlerinin bu açılarda meydana gelmemesidir.
2. Diğer yandan test verilerinden elde edilen sonuçlarda meydana gelen sapmaların ara piksel değerleri oluşumundan kaynaklandığı (diğer bir ifadeyle döndürülmüş şekillerin ana şekle benzerliğinin kaybolmasından kaynaklandığı) anlaşılmaktadır.

3. Test görüntülerinin çözünürlük değerleri değiştirilerek elde edilen sonuçlarda görüldüğü üzere çözünürlük değeri düştükçe daha kötü sonuçlar elde edilmekte diğer bir değişle öznitelik değeri daha çok sapma göstermektedir.

Elde edilen öznitelik skaler değerinin kullanılacağı OHT sistemleri için daha az hafıza kullanımı ve işlem kolaylığı açısından (doğrudan dairesel fark değerinin kullanılacağı sistemlere nazaran) daha avantajlı olabileceği öngörülmektedir. Freeman zincir koduna ait fark vektörü yerine kullanılan normalize katsayı değeri ile daha az hafıza kullanılarak OHT sistemlerine döndürmeden bağımsızlık özelliğinin kazandırılması amaçlanmıştır.

Görüntünün içerdiği olası nesne ya da bölgelerin hedef olup olmadıklarının daha kolay tespit edilebilmesi için nesne ayrıştırılması işlemi yapılması sistemin işlem karmaşıklığını azaltmakta ve işlem kolaylığı açısından avantajlar sağladığı görülmüştür. Bu işlemde bağımsız matrisler şeklinde elde edilen olası hedeflerin, işlem karmaşıklığını azalttığı ve daha doğru sınıflandırma ve tanıma kararlarının verilmesinde etkili olacağı öngörülmüştür.

Hedef tespiti yapılacak olan görüntülerin medyan filtre ile temizlenmesi, görüntü matrislerinin içerdiği olası gürültü bölgelerinin yok edilmesi açısından önemlidir. Bu nedenle gürültünün azaltılması, dolayısıyla gürültü olma ihtimalleri yüksek olan bileşenlerin elenmesinin sistemin işlem yükünü azalttığı görülmektedir.

Bir OHT sistemi için modüler tasarımın işlem karmaşasını azaltması ve optimizasyon ihtiyacını kolaylıkla sağlanabilmesi açısından avantajlı olacağı ön görülerek OHT algoritmasının bloklar halinde tasarlanması önerilmektedir. Bu bloklar içerdikleri alt işlem birimleri ile modüler yapıların bütünsel bir işlev etrafında şekillenmesi amaçlanmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Gonzalez R. C. ve Woods R. E. (2004). Digital Image Processing, Second Edition, Prentice Hall, New Jersey.
- [2] Korkusuz N. G. (2008). Otomatik Hedef Tanıma (Atr), Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [3] Wikipedia the Free Encyclopedia, Automatic Target Recognition, http://en.wikipedia.org/wiki/Automatic_target_recognition, 19 Kasım 2012.
- [4] Irvine J. M. ve Nelson E. (2009). "Image Quality And Performance Modeling For Automated Target Detection", Proceedings SPIE, 7335 (73350L): 1-9.
- [5] Reischer B. (1979). "Target tracking methodologies present and future" In Proceedings of the Workshop on Imaging Trackers and Autonomous Acquisition Applications for Missile Guidance, Nov. 19-20, Redstone Arsenal.
- [6] Dasarathy, B.V. ve Sheela, B.V., (1979), "A composite classifier system design: Concepts and methodology " Proc. IEEE, 67(5): 708–713.
- [7] BROWN W. M. ve Swonger C. W., (1989). "A Prospectus for Automatic Target Recognition " IEEE Transactions On Aerospace And Electronic Systems 25(3): 401-410.
- [8] Garvin C. G., (1991). "A Survey of Techniques in Aided Target Recognition from Digital and Optical Perspectives" U.S. Army Laboratory Command Harry Diamond Laboratories DTIC 91-05789, July 1991, Adelphi.
- [9] Ratches j. A., Walters c. P., Buser R. G. ve Guenther B. D., (1997). "Aided and automatic target recognition based upon sensory inputs from image forming systems", IEEE Transactions On Pattern Analysis And Machine Intelligence, 19(9): 1004-1019.
- [10] Taşkiran M. C., Anarım E. ve Sankur B. (1994). "On classification of airplane images for automatic target dedection, Journal on Communications", 14, May-June, Hungary.
- [11] Gökberk C., (1997). Menzil profili modunda çalışan radarla otomatik hedef sınıflama, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- [12] Ertürk, A., Alatan A. A. ve Çiloğlu, T., "Rotation, scale and translation invariant automatic target recognition based on Fourier-Mellin transform and bispectrum for satellite imagery" Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 22-24 April 2010, Diyarbakır, Turkey.
- [13] Licata H. W., (2001). "Automatic Target Recognition (ATR) Beyond the Year 2000", RTO SCI Lecture Series on Technologies for Future Precision Strike Missile System, Georgia, 18-19 Haziran 2001.
- [14] Dungeon E. D. ve Lacoss R. T., (1993). "An Overview of Automatic Target Recognition", The Lincoln Laboratory Journal, 6(1): 3-10.
- [15] Friscione J. E. P. J., (1996). Automatic Target Recognition Systems with Emphasis in Model-Based Approaches, Doktora Tezi, Georgia Institute of Technology Center for Signal and Image Processing(CSIP) School of Electrical and Computer Engineering, Georgia.
- [16] Joyce D. (2010). "An Introduction to Infrared Detectors" National Optical Astronomy Observatory (NOAO) Gemini Data Workshop, 19 July 2010, USA.
- [17] Howell S. B., "Basics of Charge Coupled Devices" National Optical Astronomy Observatory (NOAO) Gemini Data Workshop, 19 July 2010, USA.
- [18] Liu S., Papakonstantinou A., Wang H. ve Chen D. (2011). "Real-Time Object Tracking System on FPGAs", Symposium on Application Accelerators in High-Performance Computing, July 19-21, 2011, Knoxville.
- [19] Benveniste R., Sırmaçek B. ve Ünsalan C. A Quick Start To Texas Instruments Tms 320c6713 Dsk,
http://www.ti.com/ww/eu/university/Yeditepe_C6713_DSK_LAB_MANUAL_and_4.pdf 21.07.2012.
- [20] B. Vaughn, (2012). FPGA Architecture for the Challenge, http://www.eecg.toronto.edu/~vaughn/challenge/fpga_arch.html, 22 Ekim 2012.
- [21] Altera Corporation, (2007). Video and Image Processing Design Using FPGAs, <http://www.altera.com/literature/wp/wp-video0306.pdf>, WP-VIDEO0306-1.1,(1.1), March 2007.
- [22] Wikipedia the Free Encyclopedia, Algorithm, <http://en.wikipedia.org/wiki/Algorithm>, 28 Kasım 2012
- [23] Jähne B. (2005). Digital Image Processing, 6th revised and extended edition, Springer, The Netherlands.
- [24] Xiao-qiang Y., Rang-ding W., Ji-long B. ve De-chun Z. (2010). "A New Edge Detector Based On Morphology", Multimedia Technology (ICMT) International Conference on, 29-31 Oct. 2010, Ningbo, China.
- [25] Tavşanoğlu V. (2010). 2-D Fourier Transform, http://www.yildiz.edu.tr/~tavsanav/lecturesnotes/2_D_FOURIER_TRANSFORMS.pdf, 29 Kasım 2012.

- [26] Black M. J., Sapiro G., Marimont D. H. ve Heeger D., (1998). "Robust Anisotropic Diffusion", IEEE Transactions on Image Processing 7(3): 421-432.
- [27] Agam N. ve Kedem K., Anisotropic Diffusion, Computer-Science, Ben Gurion University of Nedeve, www.cs.bgu.ac.il/~klara/ATCS111/AnisotropicDiff.ppt, 30 Kasım 2012.
- [28] Pratt K. W., (2007). Digital Image Processing, Fouth Edition, John Wiley & Sons, Inc. Publication, California.
- [29] Jain R., Schunck B. G. ve Kasturi R., (1995). Machine Vision, Second Edition, McGraw Hill, USA.
- [30] C. R. Brice ve C. L. Fenema, (1970). Scene Analysis Using Regions, Artificial Intelligence Group, Stanford Research Institute Menlo Park, California.
- [31] Webb. A. R., (2011). Statistical Pattern Recognition, Third Edition, John Wiley & Sons, Inc. Publication, California.
- [32] Hyvärinen A. ve Oja E. (2000) "Independent Component Analysis: Algorithms and Applications", Neural Networks, 13(4-5): 411-430.
- [33] Xiao J., Hays J., Ehinger K. A., Oliva A. ve Torralba A., "SUN Database: Large-scale Scene Recognition from Abbey to Zoo" Massachusetts Institute of Technology and Brown University, <http://people.csail.mit.edu/jxiao/SUN/>, 20 Mayıs 2012.
- [34] California Teknoloji Enstitüsünün Computational of Vision Laboratory görüntü arşivi, <http://www.vision.caltech.edu/html-files/>, 20 Mayıs 2012.
- [35] Aizenberg I. ve Butakoff C., Frequency Domain Median-like Filter for Periodic and Quasi-Periodic Noise Removal, <http://cilab2.upf.edu/bib3/docs/Butakoff02c.pdf>, 12 Haziran 2012.
- [36] McAndrew A., "An In trodution to Digital Image Processing with Matlab" Notes for SCM2511 Image Processing 1 School of Computer Science and Mathematics, Victoria University of Technology.
- [37] Perona P. ve Malik J., (1990). "Scale-Space and Edge Detection Using Anisotropic. Diffusion", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 12(7): 629-630.
- [38] Stefano L. D. ve Bulgarelli A., (1999) "A Simple and Efficient Connected Components Labeling Algorithm", IEEE Image Analysis and Processing, Proceedings International Conference, 27-29 Eylül 1999, Venice.
- [39] Yıldırım T. (2012). Yapay Sinir Ağları ve Nöral Hesaplama www.yildiz.edu.tr/~nicoskun/YSA_genel%20bilgi.ppt, 2 Aralık 2012.
- [39] Bishop C. M., (1995). Neural Networks for Pattern Recognition, First Edition, Clarendon Press, Oxford.

YAZILIM KAYNAK KODLAR

Tasarlanan OHT algoritmasının yazılım kodları MATLAB ortamında yazılmıştır. Görüntü işleme temelli uygulamalardan band geçiren filtre, histogram dengeleme, MM kenar belirleme, Nesnelerin ayrıştırılması işlem bloklarının yazılım kodları tasarıma özgü olarak MATLAB ortamında yazılmıştır. Diğer işlemlerden olan izotropik olmayan yayılım işlemi için P. Perona and J. Malik Scale-Space and Edge Detection Using Anisotropic Diffusion IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 12 (7) : 629-639, July 1990 referansındaki kaynak kodlar kullanıldı. Kapalı bölgelerin doldurulması ve bağlı bileşen analizi yöntemleri, döndürmeden bağımsızlık kontrolü için zincir kodunun bulunması ve diğer işlemler için MATLAB programının kendi fonksiyon ve kodlar kullanılmıştır.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Erdoğan ALDEMİR
Doğum Tarihi ve Yeri : 05.07.1986 Kurtalan
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : aldemir.erdogan@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Elektronik Müh.	Uludağ Üniversitesi	2010
Lise	Fen Bilimleri	Malatya Anadolu Lisesi	2004

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2013	BATMAN ÜNİVERSİTESİ	Arş. Gör.